

# CHUVAS E EROSÕES NO OESTE PAULISTA: UMA ANÁLISE CLIMATOLÓGICA APLICADA<sup>1</sup>

*Marcos Norberto BOIN<sup>2</sup>*

*João Afonso ZAVATTIN<sup>3</sup>*

*Iandara Alves MENDES<sup>4</sup>*

## Resumo

Por fazer parte de uma das áreas mais impactadas pelos processos de erosão no Estado de São Paulo, objetivou-se, neste estudo, fornecer subsídios ao planejamento ambiental, contribuir para o entendimento dos processos erosivos, identificar áreas de risco à erosão e desenvolver um método de análise ambiental por meio da climatologia dinâmica. A área de estudo compreende a porção do Oeste Paulista delimitada entre as coordenadas 21° e 23° S e 50° e 53° W, tendo como limites hidrográficos os rios Paranapanema e Paraná. Por ser esta porção dividida por uma faixa zonal da qual participam dois tipos climáticos diferentes, procurou-se entender sua dinâmica por meio dos sistemas atmosféricos que atuam sobre esta área e de como são geradas as chuvas, tanto em relação à quantidade como à intensidade. Desta forma, com base nas técnicas aplicadas, foi possível subdividir a área em unidades climáticas, determinando para cada uma delas o tipo de impacto provocado pelas chuvas, analisados, em uma série temporal de 30 anos, por meio de dados mensais e diários e nos “anos-padrão”, por meio de dados diários e horários. Os resultados climatológicos encontrados neste trabalho, associados a levantamentos de outros elementos físicos relacionados a fatores de erosão no Oeste Paulista, proporcionaram uma aplicação real da climatologia dinâmica, no estudo do espaço geográfico, com possibilidade de dar suporte ao planejamento regional e local, não somente no tocante a aspectos erosivos e pluviais, mas também no tocante a diferentes aspectos relacionados à análise ambiental.

**Palavras-chave:** Chuvas; erosão; climatologia dinâmica; planejamento ambiental; planejamento regional; risco pluvial; análise ambiental.

## Abstract

### **Rainfall and erosion in the west region of São Paulo State: an applied climatological analysis**

For being part of the most impacted areas by the erosion processes in the São Paulo State, this work aims at allowing the erosion process for the environment planning, contribute for the understanding the erosion processes, identify erosion risk areas and develop an environment method analyses by means of dynamic climatology. The area studied is the west region of the São Paulo State between the coordinates 21° and 23°S and 50° and 53°W, having the Paranapanema and Paraná rivers as its limits. As this region is divided into two zonal areas in which there are two different weather types, it was researched the understanding of its dynamic through means of atmospheric systems which actuate on these areas and how the rainfall is generated, as its intensity and quantity. Being so, according to the applied techniques, it was possible to subdivide the area into climatic regions, determining the type of impact for each provoked by rainfall, which were then analysed, in a temporal series of 30 years, by means of monthly data and “ pattern - years “, and by means of daily data and time. The climatic results found in this work, associated to the other physical elements related to the erosion process in the West of São Paulo State, make way to the real weather dynamics, in the study of geographical space, with the possibility of giving support to the regional and local planning, not only as the erosive and pluvial aspects but also to the different aspects related to the environmental analyses.

**Key-words:** rainfall; erosion; climatologic dynamics; environmental planning; regional planning; pluvial risk; environmental analyses.

<sup>1</sup> Tese de Doutorado defendida junto ao curso de Pós-Graduação em Geociências, área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, em 12/04/00, 264 páginas, realizada sob os auspícios do CNPq.

<sup>2</sup> Doutor em Geociências pela UNESP de Rio Claro-SP- e-mail: boinmar@hotmail.com.br

<sup>3</sup> Orientador, Prof. do Departamento de Geografia da UNESP, Campus de Rio Claro-SP.

<sup>4</sup> Co Orientadora, Prof<sup>a</sup> do Dep. de Análise e Planejamento Ambiental – UNESP, Campus de Rio Claro-SP.

## INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do Oeste Paulista remonta às expedições exploratórias e à fixação das missões jesuíticas no século XVII. No final do século XIX e início do XX, as incursões de mineiros e de desbravadores mato-grossenses deram origem aos primeiros povoados da região. Com a ampliação das áreas de plantio de café e a falta de mão-de-obra para a colheita e outros tratos com a terra, foram chegando os imigrantes estrangeiros: italianos, portugueses, alemães, franceses, ingleses e japoneses. Por ultimo ocorreu acentuado movimento de imigração interna representada por nordestinos.

No Oeste Paulista, o café se estabeleceu concomitante à implantação das estradas de ferro, impondo significativa pressão sobre áreas de matas primitivas. Assim, de uma forma indiscriminada, imediatista e em larga escala, processou-se a destruição da cobertura vegetal primitiva do extremo oeste do estado, e os solos foram intensamente ocupados por culturas pioneiras de café, que cederam a vez ao algodão, ao amendoim, à menta, à cana de açúcar, aos campos de pastagem etc., proporcionando um impacto ambiental sem precedentes sobre os mesmos.

Desta maneira, a conjugação de fatores relativos às características do meio físico, aliada à ocupação agressiva do Oeste Paulista, fez com que esta região se tornasse uma das áreas com maior número e maior diversidade de atuação de processos erosivos no estado de São Paulo.

Neste trabalho, é analisada especialmente a ação da dinâmica pluvial sobre o meio ambiente físico do Oeste Paulista, visando a identificação das áreas submetidas a diferentes impactos pluviais e suas conseqüências erosivas nos diversos compartimentos ambientais, por meio de proposta da climatologia dinâmica.

## AS BASES TEÓRICO-METODOLÓGICAS

Adotou-se, neste trabalho, a concepção dinâmica de clima proposta, por Sorre<sup>5</sup>, ajustada à “*Análise Rítmica*” desenvolvida por Monteiro (1971), na qual o autor sugere o estudo das variações diárias dos elementos climáticos associadas à circulação regional, de modo a revelar a gênese dos fenômenos climáticos.

O estudo da pluviosidade, no tempo e no espaço, é abordado sob o ponto de vista da dinâmica atmosférica regional, em seus diferentes ritmos de sucessão de tempo, de acordo com os tipos de fluxos de invasão polar, preconizados por Monteiro (1969) e Tarifa (1975).

Esta conduta visa à caracterização regional (Oeste Paulista) das variações pluviométricas, tanto quantitativas, quanto qualitativas, com o propósito de avaliar o impacto da pluviosidade e seus efeitos erosivos, sobre os seus diferentes compartimentos paisagísticos.

<sup>5</sup> “a série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar em sua sucessão habitual”

Diferentes situações paisagísticas, nas quais componentes de inclinação e comprimento de vertentes, tipos de solo, de cobertura vegetal, e variado uso e ocupação do solo, sucedem-se e se alternam, determinam situações distintas de infiltração, evaporação e escoamento da água. Estas situações estão intimamente ligadas ao ritmo de distribuição das chuvas, fundamental na definição do excedente hídrico, dinamizador da erosão. Desta forma, e ainda, como sugere Monteiro (1971), associou-se, à “Análise Rítmica”, o Balanço Hídrico diário, no qual o excedente hídrico do solo determina o potencial de erosividade das chuvas.

Inicialmente, o estudo da distribuição temporal e espacial das chuvas, tanto das quantidades como das intensidades e daquelas concentradas sobre a área em estudo, foi realizado do ponto de vista da climatologia analítico-separativa, utilizando-se das técnicas estatísticas para definir as tendências anuais, sazonais e mensais, para 72 localidades do Oeste Paulista.

Em seguida, foram selecionados 27 postos, aos quais aplicou-se a metodologia já empregada por Diniz, (1971); Sanches, (1972); Tavares, (1976) e Zavatini, (1990), que usaram critérios de agrupamento adotados por Johnston, (1968), apud Zavatini (1990), auxiliares na escolha dos “anos - padrão” (seco, chuvoso e habitual), detentores de ritmos de sucessão de tipos de tempo distintos e, portanto, com resultados pluviométricos diferentes, de acordo com Monteiro (1964, 1969, 1971, 1973).

A representação da distribuição espacial da pluviosidade para o Oeste Paulista é feita por meio das cartas de isoietas e dos círculos proporcionais, construídos para todo o período de análise (1967-1996), tanto para os totais anuais e para as médias anuais sazonais e mensais, como para os “anos-padrão” selecionados, que receberam este mesmo tratamento cartográfico, aplicado aos dados anuais e sazonais. Já a distribuição temporal é apresentada sob a forma de histogramas, construídos com os valores médios mensais e sazonais, e também sob a forma de pluviogramas, de retas de tendência e de resíduos (GERARDI, 1980).

## OS DADOS UTILIZADOS

Para o levantamento de dados de chuva para o Oeste Paulista, recorreu-se aos dados do DAEE<sup>6</sup>, obtidos no CTH-DAEE<sup>7</sup>, em São Paulo.

Desta forma o levantamento de dados de chuva, anuais, mensais e diários dos postos pluviométricos do estado de São Paulo ficou restrito às latitudes 21° e 23° S e longitudes 50° a 53° W. Para a execução deste trabalho, após a seleção dos postos existentes, foi utilizado um total de 72 postos, em uma série temporal de 30 anos (1967-1996).

Com os dados dos 72 postos, com 30 anos de informação ininterrupta, foram traçados as cartas de isoietas, com o auxílio do programa “SURFER - Surface Mapping System - Versão 6.01

<sup>6</sup> DAEE = Departamento de Águas e Energia Elétrica. O DAEE é o órgão do Estado de São Paulo que controla os recursos hídricos.

<sup>7</sup> CTH-DAEE = Centro Tecnológico de Hidráulica do Departamento de Águas e Energia Elétrica.

- 1995, da Golden Software, inc”, tendo sido utilizado o método de interpolação da krigagem linear. Foram também construídas cartas de isoietas ou isovalores (período de 1967 a 1996), bem como as referentes a hietometria anual e média (anual, sazonal, mensal), das máximas em 24 horas, do número de dias de chuvas, isoerodentes, do referido período.

Ainda com os dados dos 72 postos foram elaboradas várias cartas, com o módulo “Classed Post” do programa “Surfer”, aplicando técnicas mistas e compostas às curvas de isovalores, juntamente com a técnica de círculos proporcionais, que representam a relação entre a quantidade e o número de dias de chuva (densidade) e a máxima em 24 horas para o período estudado.

A análise das cartas de isoietas, integrada aos resultados obtidos com os dendogramas sazonais, com os pluviogramas e com as retas de tendência, permitiu a escolha dos “anos-padrão”.

Na análise ano a ano, deste período, registraram-se nove anos de pluviosidade reduzida (1967, 1968, 1969, 1970, 1978, 1979, 1981, 1985 e 1994), oito anos de pluviosidade elevada (1971, 1972, 1974, 1976, 1982, 1983, 1989, 1990 e 1992), sete anos de pluviosidade média ritmo habitual (1973, 1977, 1984, 1986, 1987, 1993 e 1995) e cinco anos de pluviosidade mista (1975, 1980, 1988, 1991 e 1996).

No propósito de se ater ao estudo do ritmo pluvial do ponto de vista da “análise rítmica”, optou-se pelos anos de 1983, 1984, 1985, como os representativos do tipo chuvoso, habitual e seco, para o oeste do estado de São Paulo.

Na elaboração da técnica da análise rítmica foi necessária a coleta dos seguintes elementos climáticos diários e horários (hora oficial de Greenwich), referentes à localidade de Presidente Prudente<sup>8</sup>: pressão atmosférica em milibares (mb), às 12 G.M.T.<sup>9</sup> (9.0 h Brasília) e 18 G.M.T. (15.0 h Brasília); temperatura do ar em graus centígrados (°C), às 12 G.M.T., máxima e mínima; umidade relativa do ar em percentagem (%), às 12 e 18 G.M.T; ventos - direção e velocidade, às 12 e 18 G.M.T; total diário de chuvas em milímetros (mm); e nebulosidade em décimos (parte da abóbada celeste coberta por nuvens), as 12 e 18 G.M.T.. Para esta localidade, além de considerar o ritmo diário de distribuição das chuvas pela análise rítmica considerou-se, também, o ritmo das disponibilidades hídricas, incorporando, ao gráfico de análise rítmica o balanço hídrico diário, considerando que o excedente de água no solo é automaticamente aquele escoado, com potencial para causar erosão.

Além dos dados acima mencionados, a intensidade dos episódios de chuva, dentro do período diário, foi ainda analisada em sua variação horária, mais precisamente a cada minuto, na da representação gráfica do pluviógrafo, de onde foram extraídas informações de episódios de intensidade maior que 10 mm em 60 minutos, considerados então como erosivos. Esta representação consta do gráfico de análise rítmica, associada aos outros elementos climáticos e à própria chuva, em seus totais diários.

A representação simultânea, nos gráficos de análise rítmica, dos dados mencionados, está associada às informações levantadas em cartas sinóticas meteorológicas de superfície e ou

<sup>8</sup> Estes dados foram obtidos na estação meteorológica da UNESP de Presidente Prudente.

<sup>9</sup> GMT (Greenwich Mean Time) ou, ainda, TMG (Tempo Médio de Greenwich).

em imagens de satélite meteorológicos, que permitiram a identificação diária dos sistemas atmosféricos atuantes.

Identificada a circulação atmosférica atuante sobre a área de estudo entre 1983 e 1985, relativa a estação meteorológica de Presidente Prudente, foi possível chegar-se aos índices (sazonais e anuais) de participação geral dos sistemas atmosféricos, gênese pluvial e a gênese dos eventos maiores que 10 mm em 60 minutos.

## OS RESULTADOS OBTIDOS

O grande volume de dados gerou um enorme número de informações que somente foi possível analisar depois do emprego de técnicas que possibilitaram a definição de uma representação objetiva da dinâmica climática e seus impactos pluviais sobre o Oeste Paulista.

Às técnicas utilizadas, tanto pela climatologia tradicional quanto pela climatologia dinâmica, foram ainda adicionadas outras, não tão usuais em climatologia, como técnicas geoestatísticas que contribuíram, de maneira decisiva, para o entendimento do comportamento das chuvas e da dinâmica climática do Oeste Paulista, propiciando a elaboração de um modelo de circulação atmosférica, uma classificação climática e uma carta de risco a erosão pluvial, apresentadas a seguir.

### *Modelo de Circulação Atmosférica*

Notou-se que o relevo tem influência marcante sobre a pluviosidade no Oeste Paulista. Este fato, descrito por Setzer (1946) ao estudar as chuvas do estado de São Paulo, também é sentido no oeste do estado de São Paulo. Outro autor a destacar a correlação do aumento das chuvas com o aumento da altitude foi Pèguy (1961), referindo-se a ela da seguinte forma: “Sous toutes les latitudes enfin, les précipitations s’accroissent avec l’altitude sur les versants montagneux, même si ceux-ci ne sont pas directement exposés aux vents pluvieux: Le refroidissement imposé par l’altitude entraîne unè condensation déterminant des précipitations orographiques.» (PÈGUY, 1961, p. 184). Assim como Setzer (1946) descreve, este comportamento pluviométrico relacionando as maiores altitudes com maiores índices pluviométricos pode ser explicado pelo fato de existir no estado de São Paulo um confronto entre massas de ar originárias de diferentes porções do hemisfério sul, que disputam o controle das condições do tempo sobre este espaço geográfico em análise. Observou-se nas cartas de resíduos que, além da forte correlação com a altitude, as diferentes direções preferenciais das principais massas de ar, geradoras da pluviosidade no Oeste Paulista, também são notadas nos resíduos positivos que aparecem nas encostas voltadas a tais direções do fluxo atmosférico. Notou-se, ainda, que, se por um lado o choque frontal com tais encostas produz mais chuva, os resíduos negativos representam as “sombras” de chuva nas encostas opostas a estas direções, ou seja, ao abrigo das principais correntes geradoras de chuva. Este fato pode explicar as áreas onde a pluviosidade

situa-se acima ou abaixo da média pluvial no Oeste Paulista, quase sempre produto da relação que se estabelece entre a direção do alinhamento da topografia frente ao sentido do avanço das massas de ar. Assim é que, além da entrada das massas de ar polares que atingem o Oeste Paulista pelos dos vales dos rios Paraná e Tibají, a Massa Tropical Atlântica e as demais correntes de leste encontram barreiras topográficas como as Serras de Botucatu<sup>10</sup>, São Pedro<sup>11</sup> e do Cuscuzeiro<sup>12</sup>, que formam o “Front” de cuestas arenítico-basálticas, posicionadas a E e SE do Planalto Ocidental, em cujas bordas precipitam. Mas, entre as Serras de Botucatu (900 metros de altitude) e de São Pedro (900 metros de altitude), pelo vale do rio Tietê, de altitudes mais baixas (500 metros de altitude), penetram massas de ar úmido, vindas do Oceano Atlântico e que se precipitam sobre a Serra de Agudos<sup>13</sup>, ou no Planalto de Marília (Serra do Mirante / 600 metros de altitude), já dentro da área de estudo, em sua porção sudeste, contribuindo para o aumento da pluviosidade deste setor, já bem abastecido pelas correntes do sul. Massas de ar ao chocarem-se com as vertentes posicionadas a barlavento<sup>14</sup>, provocam uma maior pluviosidade. Esta maior pluviosidade reproduz-se, estatisticamente, nos resíduos positivos, enquanto na vertente oposta, ao abrigo de tais correntes, reproduzem-se nos resíduos negativos. Desta forma, pode-se dizer que os resíduos negativos de chuva, que ocorrem no extremo Pontal do Paranapanema e na divisa com o estado do Paraná, são ocasionados pelas Serras dos Cinco Irmãos, do Lagarto, da Apucarana, da Laranjinha e do Caetê, todas localizadas no estado do Paraná, ao sul da área de estudo. Outro setor de resíduos negativos, encontrado no vale do rio Aguapeí, reproduz a “sombra”, causada pelas Serras de São Pedro e do Cuscuzeiro, composta pelo “front” das cuestas arenítico-basáltica, localizadas entre a Depressão Periférica e o Planalto Ocidental.

### *A Circulação Atmosférica que Atinge o Oeste Paulista*

Objetivando ilustrar a dinâmica atmosférica - vislumbrada na análise rítmica de três “anos-padrão” (1983, 1984 e 1985), tendo por base as cartas de superfície de tendência e os resíduos do período de 1967 a 1996 e, considerando ainda os grandes alinhamentos do relevo da América do Sul e os conceitos presentes em Monteiro (1969,1973) e Tarifa (1975) - procurou-se cartografar os trajetos preferenciais das massas de ar, bem como os efeitos ou influências que sofrem dos componentes de superfície, principalmente da topografia, conforme as figuras 1 a 4, descritas a seguir:

Assim, na figura 1 é apresentada, a circulação atmosférica com base na pluviosidade média do período estudado.

<sup>10</sup> A serra de Botucatu localiza-se entre o vale do rio Paranapanema e o vale do rio Tietê a leste da área de estudo, sendo divisa entre a depressão periférica e o Planalto Ocidental.

<sup>11</sup> A serra de São Pedro localiza-se entre os vales do rio Tietê e do rio Mojiguaçu, na borda do Planalto Ocidental com a depressão Periférica no estado de São Paulo.

<sup>12</sup> A serra do Cuscuzeiro localiza-se ao lado da serra de São Pedro.

<sup>13</sup> A serra de Agudos é o divisor de águas entre os rios Tietê e Paranapanema.

<sup>14</sup> Barlavento – vertente na qual sopram os ventos.

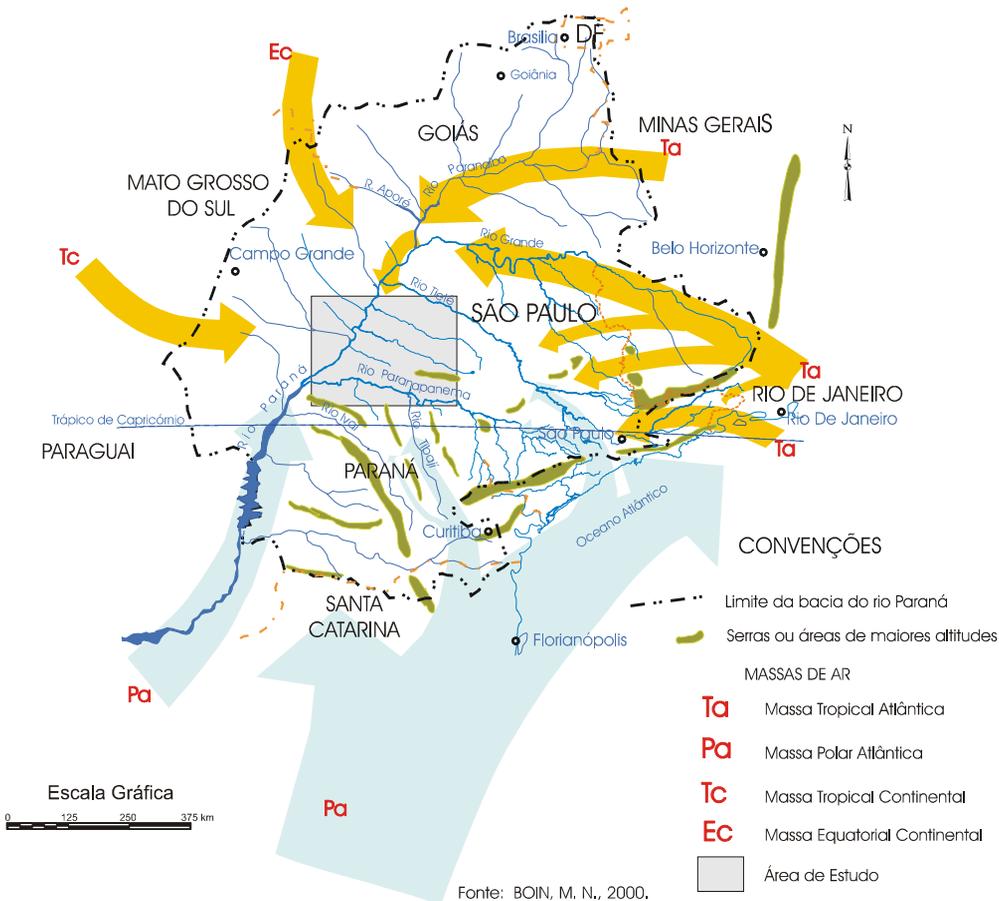
Desta forma, é possível dizer que a análise das cartas de isoietas e de superfícies de tendência e resíduos permite extrapolar que a gênese das chuvas no Oeste Paulista está predominantemente ligada às passagens de frentes frias, principal agente causador das chuvas neste local e às correntes do sul, pelos avanços da massa Polar Atlântica, ora com trajetos de longitudes mais orientais e úmidos, ora com percursos de longitudes mais ocidentais e secos, manifestando maior intensidade quando canalizados pelos principais vales dos rios que as orientam (Figura 1). A direção, a extensão e o entalhamento dos vales por onde avançam estas correntes do sul são de grande importância na definição do impacto pluvial, a ser gerado sobre as vertentes que a elas se opõem. Assim, o vale do rio Tibaji, maior afluente da margem esquerda do rio Paranapanema e que nasce próximo à cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, cuja direção de drenagem é SE-NW, é um dos agentes, na porção sul do Oeste Paulista, de sucessivos impactos pluviais, tanto relacionados às quantidades como à intensidade das chuvas, ali precipitadas.

Outros rios que atingem o sul do Oeste Paulista, como o Pirapó, o das Cinzas e o próprio Paranapanema, também canalizam estes fluxos de ar, provocados pelas correntes de sul e, dependendo das direções de deslocamento e dos confrontos ocasionados com a massa Tropical Atlântica, atingem o Oeste Paulista, mais especificamente as vertentes que se confrontam com estes fluxos de ar, causando um maior impacto pluvial e, conseqüentemente, impacto erosivo nestas porções. Entretanto, o rio Paraná, o maior “corredor” continental dos fluxos de ar polar que atingem o Oeste Paulista, apresenta influência na pluviosidade proporcionalmente menor que a dos vales dos rios acima descritos. Isto se deve aos seguintes aspectos: às trajetórias, predominantemente continentais, com perda da umidade ao longo de seu percurso; à ampla morfologia de seu vale, pouco encaixado, favorecendo à descompressão das massas de ar polar, ressecando-as.

As massas intertropicais, especialmente a Massa Tropical Atlântica que apresenta o mesmo comportamento das Massas Polares, se deslocando com maior vigor pelos vales dos rios com direções SE-NW e mesmo NE-SW, pois o sentido anti-horário dos fluxos de ar da massa Tropical Atlântica facilita este tipo de deslocamento, dependendo da posição ocupada pelo Anticiclone do Atlântico, que poderá estar em latitudes maiores ou menores, ao lançar suas correntes anti-horárias ao longo dos vales dos rios Tietê, Grande e, mesmo pelo rio Paranaíba em seus ramos mais continentalizados (Figura 1). As Massas Tropical Continental e Equatorial, com menor participação na geração de chuvas nesta região do território brasileiro, fazem-se sentir apenas em algumas situações, como o caso da TC no ano de 1985, ou quando a Massa Equatorial é forçada a se deslocar rumo ao sul, em função da posição mais meridional assumida pelo anticiclone semi fixo do Atlântico, área fonte da Massa Tropical Atlântica. Assim, a Massa Tropical Atlântica produz, principalmente nas estações mais quentes, chuvas relacionadas à altitude e, quase sempre, reforçadas localmente pela evaporação dos grandes lagos de represas das usinas hidroelétricas dos rios Tietê, Paraná e Grande. Estas chuvas, que se concentram principalmente ao norte da faixa Zonal (MONTEIRO, 1973), são, em grande parte, convectivas ou pré-frontais, com grandes impactos locais.

As informações sintetizadas na figura seguinte levaram em conta a dinâmica atmosférica revelada pela “análise rítmica” do “ano-padrão” chuvoso de 1983 e, também, as dos demais anos

**Figura 1 - Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o Oeste Paulista, inferidas da pluviosidade média de trinta anos (1967-1996)**



PS: As espessuras dos trajetos indicam qualitativamente a intensidade de ação das massas de ar

chuvosos do período 1967/96. Assim, a figura 2 representa a circulação atmosférica com base na pluviosidade dos anos chuvosos do período estudado.

Nos anos chuvosos (Figura 2), o deslocamento da massa Polar Atlântica dá-se pelos ramos com trajetos preferencialmente oceânicos, o que aumenta a temperatura e a umidade dessas massas, que passa a ter características mais próximas àquelas da massa Tropical. Isto se deve à localização do anticiclone polar, na maioria das vezes sobre o oceano Atlântico, favorecendo o aporte de umidade em direção ao continente e reforçando o ramo central, que se

aproveita dos vales dos rios Tibaji, Cinzas e Paranapanema, aumentando a pluviosidade no Oeste Paulista. Esta se vê ampliada no setor de terras mais altas, localizadas no sudeste da área de estudo (Planalto de Marília), diminuindo gradativamente em direção ao noroeste (alto vale do rio Paraná). As chuvas, nestes anos, são abundantes, graças ao quase equilíbrio existente entre o núcleo do anticiclone migratório Polar e o do anticiclone semifixo do Atlântico, favorecendo à intensa ação pluvial de frentes estacionárias sobre o Oeste Paulista. A participação das correntes do sul, em anos de alta pluviosidade, pelo vale do rio Paraná é reduzida, pois a mesmas obedecem, preferencialmente, trajetos litorâneos, privilegiando os vales dos rios Tibaji e Paranapanema. Nestes anos, a massa Tropical Atlântica, mais forte do que nos anos de menor pluviosidade, avança, principalmente, pelos vales dos rios Grande e Paranaíba, atingindo o norte do Oeste Paulista pelo vale do rio Paraná, no sentido de norte para sul e pelo vale do rio Tietê, no sentido de leste para oeste (Figura 2).

As informações sintetizadas, na figura seguinte, levaram em conta a dinâmica atmosférica revelada pela “análise rítmica” do “ano-padrão” habitual de 1984 e, também, as dos demais anos habituais do período 1967/96. Assim, a figura 3, representa a circulação atmosférica, com base na pluviosidade dos anos habituais do período estudado.

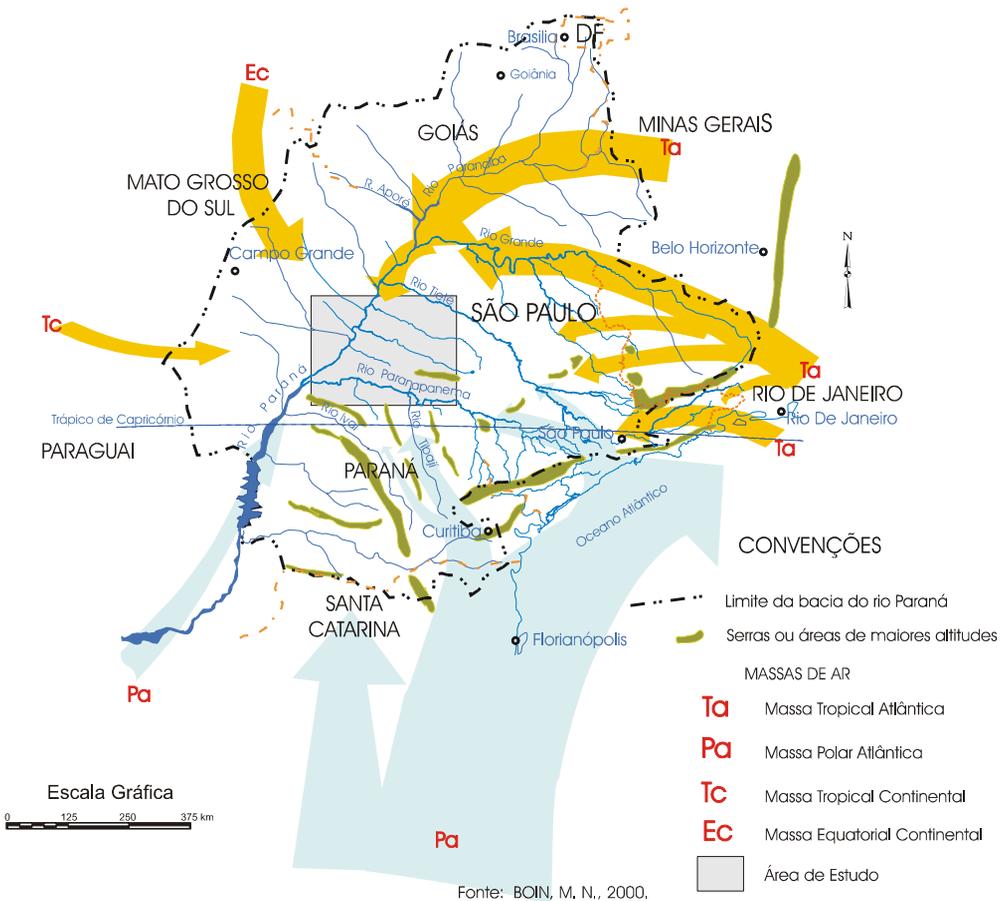
Nos anos de pluviosidade habitual (Figura 3), o núcleo da Massa Polar Atlântica (P.A.) posiciona-se, preferencialmente, em longitudes que atingem o continente sul americano, desde o litoral do Rio Grande do Sul, adentrando o continente, deixando uma parte de sua umidade em terras gaúchas, catarinenses e paranaenses e, ao atingir o Oeste Paulista, aproveita-se de todos os vales dos rios anteriormente descritos, tenham eles orientação de drenagem no sentido SE-NW, ou S-N, e até mesmo SW-NE, caso do rio Paraná. Assim, os locais de maior impacto pluvial estão relacionados com a altitude e com as vertentes que se confrontam com essas correntes do sul. Nestes anos de pluviosidade habitual, reflexos dos trajetos acima descritos, a primavera costuma ser a estação mais chuvosa, na porção sudeste da área de estudo, tanto em função do menor poder isobárico do anticiclone semifixo do Atlântico, quanto pela sua posição em latitudes mais baixas e orientais, que favorecem as penetrações das massas frias e a ação de seus mecanismos frontológicos.

A Massa Tropical Atlântica, assim como nos anos chuvosos, tem seu avanço principal pelos vales dos rios Grande e Paranaíba, atingindo o Oeste Paulista pelo vale do rio Paraná no sentido de norte para sul e, secundariamente, pelo vale do rio Tietê. Nestes anos habituais, a menor intensidade da massa Tropical gera índices pluviais médios e a intensidade das chuvas também não ocasiona eventos de grande magnitude, pois os confrontos são menos intensos.

As informações sintetizadas na figura 4 levaram em conta a dinâmica atmosférica revelada pela “análise rítmica” do “ano-padrão” seco de 1985 e, também, as dos demais anos secos do período 1967/96. Assim, a figura 4 representa a circulação atmosférica com base nos anos de pluviosidade reduzida do período estudado.

Nos anos de pluviosidade reduzida (Figura 4), o núcleo do anticiclone Polar Atlântico adquire um trajeto mais continental, adentrando a América do Sul na altura da Patagônia e dos Pampas Argentinos, onde já começa a perder parte de sua umidade. Em seguida, aproveitando-se dos vales do Uruguai e Paraná, inclusive quando este recebe o Paraguai, definindo um ramo polar mais continental que avançará até ao Brasil central e além. Estes trajetos continentais

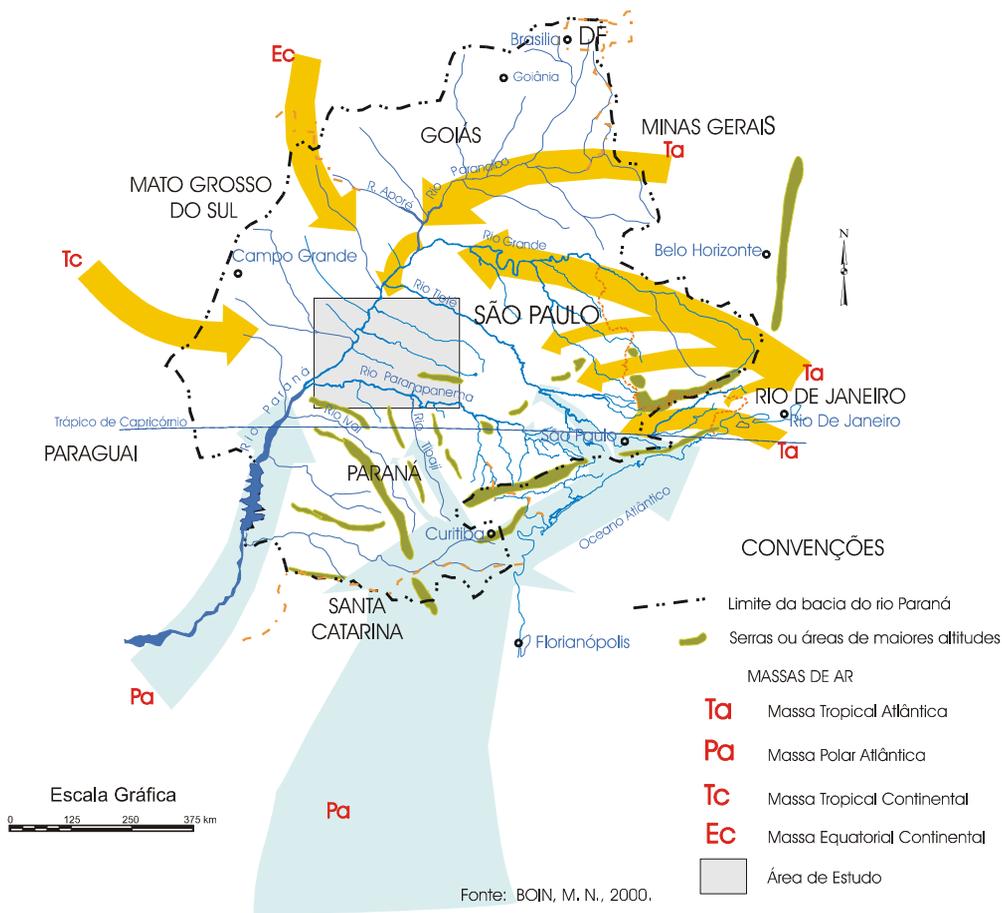
**Figura 2 - Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o Oeste Paulista em anos de alta pluviosidade**



PS: As espessuras dos trajetos indicam qualitativamente a intensidade de ação das massas de ar

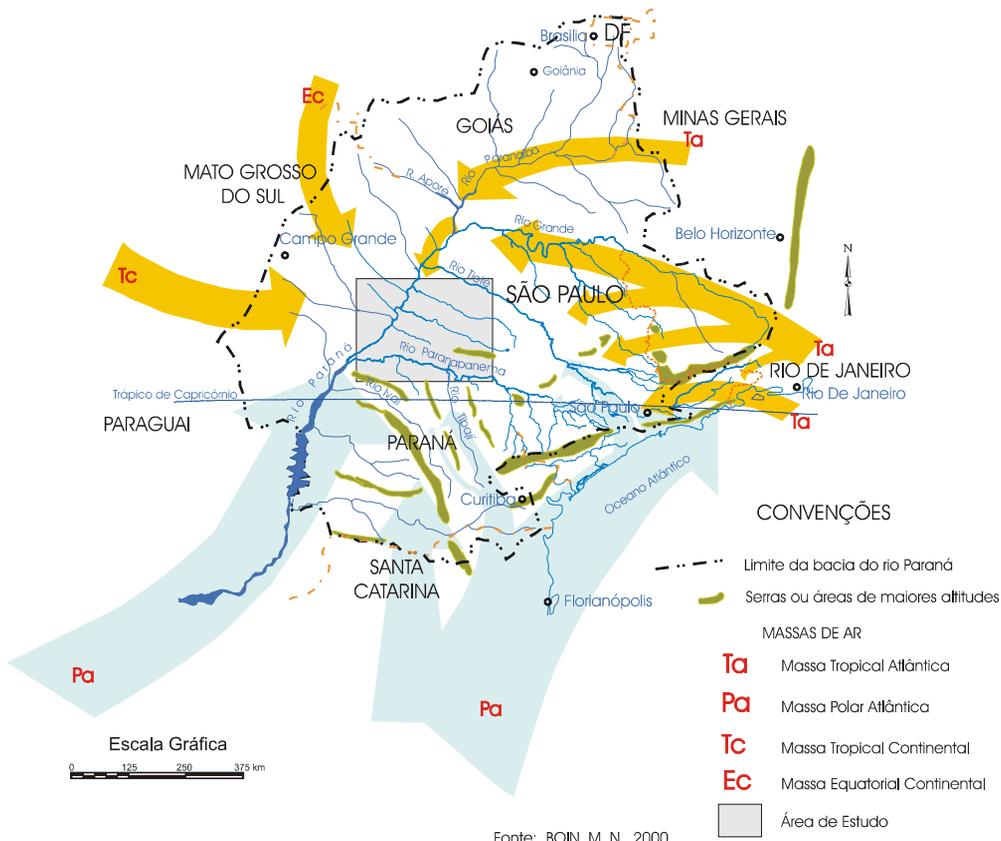
acabam deslocando a massa Tropical (TA) de sua área fonte para posições mais orientais que alcançam o Oeste Paulista. Estas duas massas, tanto a Polar quanto a Tropical, ambas com teor de umidade muito baixo, possuem, entretanto, diferenças marcantes de temperatura que provocam ventos diurnos fortes e persistentes.

**Figura 3 - Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o Oeste Paulista em anos de pluviosidade habitual**



PS: As espessuras dos trajetos indicam qualitativamente a intensidade de ação das massas de ar

**Figura 4 - Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o Oeste Paulista em anos de reduzida pluviosidade**



PS: As espessuras dos trajetos indicam qualitativamente a intensidade de ação das massas de ar

Tais características dos elementos que as compõem produzem dias claros, secos e quentes e noites também claras e muito frias, revelando forte amplitude térmica e alto grau de desconforto, principalmente durante os meses de inverno e parte da primavera.

Assim, nos anos de pluviosidade reduzida, o avanço da massa Polar Atlântica pelo vale do rio Paraná assume uma grande importância na gênese das chuvas no Oeste Paulista, uma vez que, com maior ou menor umidade, sempre está presente por seus resíduos positivos de chuva neste vale. Os vales dos rios Tibaji, Pirapó, Cinzas e Paranapanema também atuam como “corredores” das massas de ar do sul, mas de maneira secundária diante dos mecanismos circulatórios descritos anteriormente para estes anos de pluviosidade reduzida. Outro fator que influencia no volume dos índices pluviométricos que precipitam sobre o Oeste Paulista são os tipos de fluxos polares, sugeridos por Monteiro (1969) e estudados por Tarifa (1975). No caso acima citado, pode-se

dizer que os mecanismos de fluxo que predominaram neste ano são os fluxos contínuos, mas também os fluxos de tipo dominante podem causar secas no Oeste Paulista, quando impõem grande penetração na zona intertropical, sobretudo no interior, onde atingem, pelo menos, o norte de Mato Grosso. Nesta situação, a baixa oposição do anticiclone tropical marítimo desloca as perturbações para o litoral, à altura do trópico e, no Oeste Paulista, passadas as fracas chuvas frontais, há grande resfriamento.

Além do mais, nos anos de pluviosidade reduzida, a massa Tropical Atlântica, enfraquecida, não oferece grandes resistências à Polar e à Tropical Continental, aumentando a participação destas últimas correntes de ar. Mesmo com pouca atuação a massa Tropical Atlântica tem como trajetos mais freqüentes os vales dos rios Grande, Paranaíba e mesmo o do Tietê (Figura 4).

## Classificação de Base Genética

Inspirando-se nos preceitos estabelecidos por Setzer (1946), Pèguy (1961), Monteiro (1964, 1973), Strahler (1986) e Zavatini (1990), e considerando as tendências habituais e extremas dos índices de participação das principais correntes da circulação no Oeste Paulista obtidos nos “anos-padrão”, bem como as superfícies de tendência e dos resíduos destas superfícies e dos atributos pluviais da área (distribuição quantitativa e qualitativa), foi construído o cartograma, que serve como “proposta” de classificação climática, de base genética, para o Oeste Paulista, detalhando e ampliando a já realizada por Monteiro (1973) para todo o território paulista.

A faixa zonal que separa os principais climas regionais (**A** ao norte e **B** ao sul), fundamenta-se nos índices de participação anual das correntes atmosféricas estabelecidos por Monteiro (1973) e delimitam, “*grosso modo*”, quatro grandes porções (algarismos romanos - **I**, **II**, **III** e **IV**), distinguindo assim as áreas onde ocorre, mais freqüentemente, a presença de determinado sistema atmosférico ou, ainda, um trajeto específico desta corrente de ar. Dentro de cada porção procurou-se individualizar as unidades, de acordo com as diferenças altimétricas, já que se encontrou uma estreita relação entre os índices pluviais e a altimetria nos estudos até aqui aplicados. Para a distinção dos setores de diferentes altitudes empregou-se a letra “a” para as altitudes consideradas altas, “m” para as médias e “b” para as baixas. Na porção sudoeste, como as altitudes não apresentam grandes diferenças, o critério que definiu essas duas unidades foi dado pelo limite que separa a área onde chuvas de primavera costumam superar as de verão (letra grega “β”), da área em que as chuvas de primavera costumam se igualar às de verão (letra grega “α”).

Para cada unidade levou-se em consideração o modo de ocorrência das chuvas (quantidade e intensidade), classificando-as segundo o seu maior ou menor impacto pluvial. Desta forma, foram definidas seis classes de impacto, assim denominado: muito forte, forte, medianamente forte, médio, fraco e muito fraco.

A porção oriental (**I**) do Oeste paulista está sob o controle das correntes de leste (Massa Tropical Atlântica) e, em menor percentagem, da massa Polar Atlântica (PA). A massa Tropical Atlântica (TA) atinge esta porção do Oeste Paulista pelas correntes de ar vindas de leste ou de

sudeste, ou ainda, em trajetos pelos vales dos rios Tietê e Paranapanema. Já as correntes do sul atingem esta região do Oeste Paulista pelos vales dos rios Tibaji, Cinzas e Paranapanema.

Caracteriza-se, ainda, por ser a porção de relevo com as maiores altitudes no Oeste Paulista, cujas cotas variam de 400 a 650 metros, formando a última barreira de expressão topográfica às correntes Tropicais de leste e polares de sul, antes que atinjam o alto vale do Paraná, que drena uma área deprimida, onde deságuam os rios Aguapeí e Peixe, denominada, localmente, de “Pantaninho Paulista”. Na porção noroeste (**II**), as correntes de leste se destacam e dividem o controle com as massas Equatorial (EQ) e Tropical Continental (TC), estas últimas de ação mais esporádicas. As correntes da massa Tropical Atlântica, que chegam até esta porção do Oeste Paulista, avançam, principalmente, pelos vales dos rios Grande e Paranaíba e, por último, pelo vale do rio Paraná, no sentido de norte para sul.

Esta porção possui as menores cotas altimétricas do Oeste Paulista, podendo ser considerada o centro da depressão da bacia do rio Paraná, no estado de São Paulo. O relevo pouco expressivo, aliado à distância dos centros de ação do Anticiclone do Atlântico e do Anticiclone Migratório Polar, confere, a esta porção do território Paulista, confrontos de massas de ar com baixa umidade que se refletem em baixos índices de chuva.

A porção sudeste (**III**) está sob o controle da massa Polar Atlântica (PA) e de seus ramos oriental e central, contando, ainda, com a efetiva participação da massa Tropical Atlântica (TA), em seus avanços de leste para oeste, pelo vale do rio Paranapanema. Apesar desta porção, no geral, apresentar apenas altitudes médias, a maior pluviosidade deste setor deve-se à orientação de suas vertentes, que se contrapõem aos fluxos da massa Polar Atlântica (PA) que deságuam ao longo das encostas destas modestas barreiras topográficas. Deve-se, também, à maior proximidade dos centros de ação dessas massas de ar úmidas, que atingem o sudeste do Oeste Paulista.

No extremo Oeste Paulista, porção sudoeste (**IV**), as correntes do sul atuam, principalmente, pelo vale do rio Paraná (trajeto continental) e, secundariamente, sobre o norte do estado do Paraná, atingindo esta porção nas estações do outono, inverno e primavera, ocasionando uma maior pluviosidade na primavera do que no verão, em uma das unidades (**BIVmß**), e um equilíbrio entre as chuvas destas duas estações, na outra unidade (**BIVma**); como o relevo desta porção sudoeste não apresenta grandes diferenças, este foi o critério utilizado para separá-las.

No cartograma, a disposição das unidades que compõem o “mosaico” climático do Oeste Paulista seguiu, esquematicamente, dupla ordenação: no sentido leste-oeste, respeitando a altimetria, partindo do Planalto de Marília, porção mais alta, onde é maior a participação das correntes de leste e, no sentido norte-sul, em função da maior participação das correntes do sul, que determinam a faixa transicional, disposta de sudeste para noroeste.

Do Planalto de Marília, porção de maior pluviosidade, indo em direção ao N e NW, são encontradas três unidades diferentes (**a,m**, e **b**), que compreendem, respectivamente, a serra do Mirante (**AIa**), o alto curso do rio do Peixe, envolvendo as cidades de Tupã, Osvaldo Cruz e Martinópolis (**AIIm**) e a porção situada entre os rios Aguapeí e Tietê (**AIb**).

As chuvas, na unidade **AIa** (Serra do Mirante), são provocadas principalmente pelas FPA<sup>15</sup>, gerando, com seus confrontos, uma das duas unidades de maior pluviosidade do Oeste Paulista. Os índices de chuva, nesta unidade, são superiores aos das demais unidades em todas as estações do ano e, em média, nela ocorrem de 80 a 120 dias com chuva por ano. Também é nesta unidade que ocorrem as maiores pluviosidades máximas em 24 horas (150-200 mm/24h), embora a densidade das chuvas não se destaque, por influência do grande número de dias de chuva que nela ocorrem. A maior densidade de chuvas ocorre na estação da primavera. Apesar da maior pluviosidade máxima em 24 horas ocorrer também nesta área, as chuvas desta unidade são principalmente frontais ou advectivas. As características das chuvas neste setor, principalmente seus índices, classificam esta área como de *impacto pluvial muito forte*.

Outra importante característica desta unidade é que, além de ter sido uma das áreas mais impactadas pelas chuvas médias do período estudado, também costuma ser a mais impactada nos anos chuvosos, quando o anticiclone Polar apresenta trajetórias mais oceânicas/mais orientais e avança predominante de sudeste trazendo consigo grande quantidade de umidade.

Na unidade **AIm** (Região de Tupã) as chuvas apresentam volume um pouco inferior ao da unidade anterior (entre 1300 e 1400 mm), e também são provocadas pelas FPA, que geram, com seus confrontos, uma menor quantidade de chuvas porque encontram menores altitudes e, também, porque esta unidade está na “sombra” das elevações da serra do Mirante (Planalto de Marília) e ao abrigo das correntes de sudeste e de leste. Mesmo com uma quantidade de chuva menor o número médio de dias com chuva, nesta unidade, é ainda maior que o da unidade anterior, variando de 80 a 140 dias no ano, enquanto a média das máximas em 24 horas (100-150 mm/24h) e a densidade de chuvas são um pouco menores do que as da unidade AIa. Assim como na unidade anterior é na estação da primavera que ocorre a maior densidade das chuvas, motivada pela concentração dos totais pluviais no mês de dezembro, ou em poucos dias de chuva de grande intensidade pluvial neste mesmo mês. Nesta porção, as chuvas são, predominantemente, frontais ou advectivas. A quantidade e a intensidade das chuvas, nesta unidade, permitem classificá-la como uma área de *impacto pluvial forte*.

As chuvas na unidade **AIf** (Região de Araçatuba), menores do que nas duas unidades anteriores, devem-se tanto à modéstia do relevo quanto à menor participação da massa Polar Atlântica em seus confrontos com a massa Tropical Atlântica. Assim é que as chuvas que se precipitam sobre esta unidade perfazem uma média anual entre 1200 a 1300 mm, onde ocorre em média 80 dias de chuva por ano e as médias das máximas em 24 horas é média (150-200 mm/24h), tanto no verão como na primavera, tidas como as estações nas quais ocorrem os maiores impactos pluviais, possibilitando classificar esta unidade como de *impacto medianamente forte*.

Na porção noroeste da área de estudo, cujo clima regional é de menor pluviosidade, foram definidas três unidades diferentes (**a**, **m**, e **b**), que compreendem respectivamente: a região de Mirandópolis e Valparaíso, baixos cursos dos rios Tietê e Aguapeí (**AIIa**); região de Dracena e Adamantina, entre os rios Aguapeí e o divisor do rio Santo Anastácio (**AIIIm**), e região de Panorama, foz dos rios Aguapeí e Peixe (**AIIIf**).

<sup>15</sup> FPA = Frentes Polares Atlânticas

As chuvas da unidade **AIIa**, região de Mirandópolis, em função da distância das áreas-fonte das massas de ar (inter e extratropicais), apresentam índices médios entre 1200 e 1300 mm, e um número médio de dias com chuva entre 80 e 120 ao ano. Estas chuvas, frontais e convectivas, proporcionam baixa média máxima em 24 horas (100-150 mm/24h), média e baixa densidade, ambas concentradas principalmente no verão.

Nesta estação, em que predominam sistemas intertropicais e aumentam as trovoadas, há uma maior evaporação das superfícies líquidas dos grandes lagos das usinas hidroelétricas do rio Tietê e Paraná que, possivelmente, devem reforçar as chuvas convectivas nesta unidade climática. Mas a menor quantidade de chuvas e a densidade baixa, que nesta unidade se fazem presentes, permitem classificá-la como de *impacto pluvial fraco*.

Na região de Dracena-Adamantina unidade **AIIIm**, os índices pluviiais anuais médios alcançam valores um pouco acima dos 1.300 mm, o que a torna ligeiramente mais úmida que a unidade anteriormente descrita. Este ligeiro acréscimo pluvial, em área ao norte da faixa Zonal, deve-se, provavelmente, à maior participação da massa Polar Atlântica, graças à sua proximidade dos climas da faixa B.

As chuvas desta unidade concentram-se, em média, entre 80 a 120 dias por ano e a média pluviosidade máxima em 24 horas, assim como a densidade, apresentam valores de intensidade médios (densidade de 6,5-14,9 mm / por dia de chuva), que ocorrem, principalmente, na primavera e no verão. Estas características conferem a esta unidade a classificação de área sujeita a *impacto pluvial médio*.

As chuvas, nesta unidade, apresentam um maior equilíbrio entre as do tipo advectivas e convectivas, distribuindo-se, igualmente, nas estações da primavera e do verão; na primavera, há a predominância das chuvas advectivas e, no verão, das convectivas.

Na região de Panorama (**AIIb**), na área deprimida entre os rios Aguapeí e Peixe, encontra-se a unidade com menores índices pluviiais de todo o Oeste Paulista. A baixa pluviosidade desta unidade deve-se à distância dos centros formadores das massas de ar úmida e à maior participação da massa Tropical Continental e, ainda, às baixas cotas do relevo neste setor. As chuvas médias anuais, nesta unidade, são menores do que 1200 mm e ocorrem em um número médio de dias com valores entre 80 a 100. A média das máximas em 24 horas apresenta valores baixos (100-150 mm/24h) ao passo que a densidade das chuvas apresenta índices baixos. A estação com maior pluviosidade é o verão, quando as chuvas são advectivas e convectivas, mas os índices pluviiais e sua intensidade classificam esta unidade como de *impacto pluvial muito fraco*.

Ao sul da faixa zonal, proposta por Monteiro (1973), foram definidas três unidades climáticas. Uma delas, a unidade **BIIIm**, região de Iepê, é a outra das duas unidades de maior pluviosidade de todo o Oeste Paulista. Nesta unidade, as chuvas são provocadas, principalmente, pelos mecanismos frontológicos engendrados pela efetiva participação da massa Polar Atlântica, especialmente em seus trajetos orientais, que se confrontam com a massa Tropical Atlântica, também presente nesta unidade. Os índices de chuva, nesta unidade, são altos em todas as estações do ano (maior que 1400 mm), além disso, a média das máximas em 24 horas (150-200 mm/24h), bem como a densidade das chuvas atingem valores preocupantes do ponto de vista do impacto pluvial, além do expressivo número de dias de chuva no ano (100 a 120). A

maior densidade de chuvas ocorre na estação da primavera e as chuvas desta unidade são, principalmente, frontais ou advectivas. Estas características das chuvas neste setor, principalmente a quantidade pluvial precipitada, classificam-no, como de *impacto pluvial muito forte*.

Por último, ainda ao sul da faixa zonal, definem-se duas outras unidades (**BIVma**, e **BIVmß**), que compreendem, respectivamente, a região de Presidente Prudente (**a**) e Pontal do Paranapanema (**ß**). Embora de relevos semelhantes, e índices pluviométricos médios anuais muito próximos, destacam-se, em função do período do ano em que as chuvas são ligeiramente mais volumosas. Isto porque, ao passo que na unidade **BIVma** as chuvas de verão se equilibram com as da primavera, na outra unidade **BIVmß** a pluviosidade, na primavera, supera a de verão.

Por outro lado, ao passo que na unidade **BIVma** (região de Presidente Prudente) a gênese das chuvas é predominantemente frontal, graças a três principais trajetórias que, equilibradamente, se confrontam com as correntes do leste, o destaque, na unidade contígua mais a oeste (**BIVmß**), fica por conta da participação mais efetiva do ramo Polar continental que se aproveita do vale do rio Paraná, atraído pela massa tropical continental, notadamente durante o verão.

As chuvas da unidade **BIVma**, região de Presidente Prudente, são predominantemente frontais, gerando valores médios entre 1200 a maiores do que 1300 mm por ano, distribuídos em um número de dias que varia entre 80 e 100. As chuvas máximas em 24 horas são de valores médios a altos (100-200 mm/24h) e a densidade das chuvas é média. As precipitações pluviais ocorrem em equilíbrio entre as estações da primavera e as do verão e estas características permitem classificar esta unidade como de *impacto pluvial medianamente forte*.

Na unidade do Pontal do Paranapanema (**BIVmß**), as chuvas, em quantidade semelhante à da unidade **BIVma**, e número de dias ligeiramente inferior, distingue-se desta última por apresentar maior pluviosidade na primavera e apresentar valores da máxima pluviosidade em 24 horas e densidade maiores que na unidade anterior, demonstrando que a intensidade da chuva permite classificar esta unidade como de *impacto pluvial forte*.

Em síntese, pode-se dizer que no Oeste Paulista as duas unidades mais chuvosas encontram-se no setor sudeste, uma ao norte (**A Ia**), e outra ao sul (**B III m**) da faixa zonal. Em ordem decrescente de pluviosidade aparecem três outras unidades, estando uma localizada ao norte da zona transicional (**A I m**) e, as demais, encontram-se ao sul (**B IV ma** e **B IV mß**). Prosseguindo nesta ordem decrescente, dos maiores aos menores índices de chuva, definem-se mais três unidades climáticas, todas ao norte da faixa de transição (**A Ib**, **A II a** e **A II m**). Finalmente, a unidade que apresenta os menores índices de chuva é a **A II b**, também ao norte daquela faixa.

### *O Clima, a Erosividade e o Risco Pluvial à Erosão*

Considerando as características extrínsecas dos solos no Oeste Paulista, identificadas no Mapa de Erosão do Estado de São Paulo, extraíram-se as classes de suscetibilidade à erosão, que integradas as unidades climáticas, deram origem à Carta de Risco à Erosão Pluvial definidas para o Oeste Paulista e seus impactos (Figura 5 e Tabelas 1 e 2).

Esta carta (Figura 5), acompanhada de dois quadros (Tabelas 1 e 2) explicativos para sua melhor compreensão, apresenta os principais fatores de risco à erosão em cada unidade climática definida para o Oeste Paulista.

Desta forma, foram definidas dez classes de risco à erosão pluvial denominadas de: muitíssimo forte, muito forte, forte, medianamente forte, média, medianamente fraca, fraca, muito fraca, muitíssimo fraca e nula.

Na porção leste (AI) do Oeste Paulista o controle engendrado pelas FPAs combina fatores como: alta quantidade e intensidade de chuvas com os de alta suscetibilidade dos solos associadas, ainda, a uma grande movimentação do relevo o que torna esta porção do Oeste Paulista, uma das áreas de maior risco à erosão. A presença de relevo com grandes declividades - como no Planalto de Marília - onde ocorrem setores com escarpas de declividade superiores a 30% e de solos de alta erodibilidade - como os Solos podolizados de Lins e Marília - faz desta porção uma área na qual podem ocorrer os seguintes processos erosivos:

- Nos relevos ondulados e fortemente ondulados, boçorocas de drenagem, boçorocas de encosta, ravinas, sendo os sulcos erosivos muito frequentes;
- Nas escarpas há quedas de blocos e escorregamentos;
- Erosão laminar muito intensa em todos os setores do relevo, especialmente sobre os solos podolizados de Lins e Marília;
- Nos cursos d'água, ocorre intenso assoreamento.

Nesta unidade, as correntes de leste e de sul provocam maior impacto de chuvas nas vertentes voltadas para o sul, sudeste e leste e os riscos da ocorrência destes processos podem ser classificados de *muitíssimo forte a médio* neste tipo climático (Figura 5 e Tabelas 1 e 2).

Na porção noroeste (AII), onde a participação das correntes inter-tropicais é bastante superior à das correntes extra-tropicais, há a combinação de um relevo de depressão<sup>16</sup> mais suave com áreas de menor pluviosidade e com solos de alta a baixa suscetibilidade erosiva.

A presença, nesta porção, de relevo com baixas declividades, como os existentes próximo à foz dos rios Aguapeí e Peixe, onde ocorrem relevos como: planícies, terraços fluviais e colinas amplas de baixa declividade associadas a solos de suscetibilidade erosiva variável, faz desta porção, uma área de risco pluvial à erosão, classificada de *medianamente forte a nula*, especialmente próximo às margens e foz dos referidos rios, onde há o predomínio de sedimentação e não de erosão. Desta forma, nesta porção climática, observa-se as seguintes evidências de atuação de processos erosivos:

- Nos relevos ondulados a suavemente ondulados: boçorocas de encostas, ravinas e sulcos com frequência e erosão laminar intensa;
- Nas encostas retilíneas e convexas: boçorocas de drenagem, não tão frequentes, e erosão laminar de moderada a intensa;

<sup>16</sup>Pantaninho Paulista, área entre a foz dos rios Aguapeí e Peixe.

- Nos setores de relevo de terraços e planícies, erosão laminar fraca a moderada e sedimentação;
- Nos rios, assoreamento e inundação, em extensas faixas marginais, como no chamado “Pantaninho Paulista”, próximo à confluência do rio do Peixe com o rio Paraná.

Nesta porção, controlada pelas correntes inter e extratropicais, na unidade **AIIa**, as vertentes, voltadas para nordeste e norte, sofrem os maiores impactos pluviais; na unidade **AIIm**, há um maior impacto sobre as vertentes voltadas para leste, sudeste, sul e sudoeste e na unidade **AIIb**, os impactos ocorrem, preferencialmente, sobre as vertentes voltadas para o norte, sul e leste (Figura 5 e Tabelas 1 e 2).

Na região sudeste (**BIII**) há a reunião de um relevo de médias altitudes e solos de baixa a alta suscetibilidade erosiva com áreas de alta pluviosidade, oriunda esta, de mecanismos frontológicos engendrados pela efetiva participao da Massa Polar Atlântica que, especialmente em seus trajetos orientais, se confronta com a Massa Tropical Atlântica, têm presente nesta unidade.

A presença nesta unidade regional de vertentes voltadas preferencialmente para o sul, de onde provem as correntes geradoras de grandes quantidades de chuva, s  amenizada pelas características dos solos, que correspondem  terra roxa estruturada e  terra roxa legítima de baixa erosividade<sup>17</sup>, mesmo assim, neste tipo climático ainda ocorre o risco pluvial  erosão classificado de *medianamente forte a muito forte*.

Desta forma, pode-se prever que ocorram nesta região as seguintes evidências de atuao de processos erosivos:

- Nos relevos ondulados e fortemente ondulados, boçorocas de drenagem, boçorocas de encosta, ravinhas e sulcos muito freqüentes;
- Erosão laminar muito intensa em todos os setores de relevo, especialmente sobre os solos podolizados de Lins e Marília;
- Nos solos denominados de terra roxa, há baixo ndice de erosão laminar e erosão por impacto das gotas de chuva (“splash”).
- Nos cursos d’água, intenso assoreamento.
- Nesta região, as vertentes mais atingidas pelas chuvas serão as voltadas para o sul, sudeste e leste, sendo uma das áreas mais atingidas pelas chuvas médias do período estudado, e mais atingida têm nos anos chuvosos, quando o ramo do anticiclone Polar Migratório adquire trajetos oceânicos e avança predominante de sudeste, trazendo consigo grande quantidade de umidade, assim como no clima regional **AI** (Figura 5 e Tabelas 1 e 2).

Ainda ao sul da faixa Zonal, porção de média pluviosidade, existem duas unidades diferentes (**BIVma** e **BIVmb**), que compreendem, respectivamente, a região de Presidente Prudente

<sup>17</sup>Estes solos se caracterizam, têm, pela baixa erodibilidade, acentuando a menor predisposio da área a ao dos agentes erosivos.

(a) e a do Pontal do Paranapanema (b). Estas duas unidades de relevo semelhantes são destacadas pela igual quantidade de chuvas nas estações do verão e primavera, na região de Presidente Prudente, e por uma maior quantidade de chuvas, na estação da primavera, do que no verão, na região do Pontal do Paranapanema.

Em um relevo de média altitude para o oeste Paulista, aliado a solos de média a muito alta suscetibilidade à erosão, o impacto pluvial distingue-se, neste clima regional, pela intensidade das chuvas nas duas unidades que registram risco pluvial à erosão, que vai de *medianamente forte a muito forte*.

Assim como na unidade **BIII**, constata-se, as seguintes evidências de atuação de processos erosivos:

- Nos relevos ondulados e fortemente ondulados, boçorocas de drenagem, boçorocas de encosta, ravinas e sulcos erosivos muito freqüentes;
- Erosão laminar muito intensa em todos os setores de relevo, especialmente sobre os solos podolizados de Lins e Marília;
- Nos solos denominados de terra roxa, baixo índice de erosão laminar e erosão por impacto das gotas de chuva (“splash”)
- Nos cursos d’água, intenso assoreamento.

Neste clima regional, as chuvas são geradas, principalmente, pela FPA nos seus ramos de trajetória central e continental, impostos à Massa Polar Atlântica que atinge esta unidade com menor quantidade de umidade do que na anterior (**BIIIm**). As chuvas vindas de sul, sudoeste e, em menor intensidade, de leste, atingem as vertentes voltadas para estas correntes<sup>18</sup> com maior impacto pluvial. (Figura 5 e Tabelas 1 e 2).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho exigiu diferentes níveis de análise do fenômeno pluviométrico, o qual, a princípio, mostrou-se desordenado. O volume de dados e resultados encontrados, em cada uma das etapas desta análise, apontou dificuldades que pareciam intransponíveis. Esse volume de dados gerou um enorme número de informações, que somente foram integradas quando se entendeu a dinâmica climática, não apenas do Oeste Paulista, mas o contexto geral da circulação do Brasil e da América do Sul, a partir da “análise rítmica” e da técnica geoestatística da superfície de tendência e seus resíduos. O tipo de análise, aqui proposto, deve ser aplicado a outras regiões, com diferentes enfoques e em diferentes escalas, buscando comprovar sua aplicabilidade. Concretamente, esta abordagem já está sendo aplicada à bacia do rio Paranapanema, localizada no sul Paulista e norte do estado do Paraná, objetivando levantar, com maiores detalhes, tanto suas características climáticas quanto suas condições geomorfológicas.

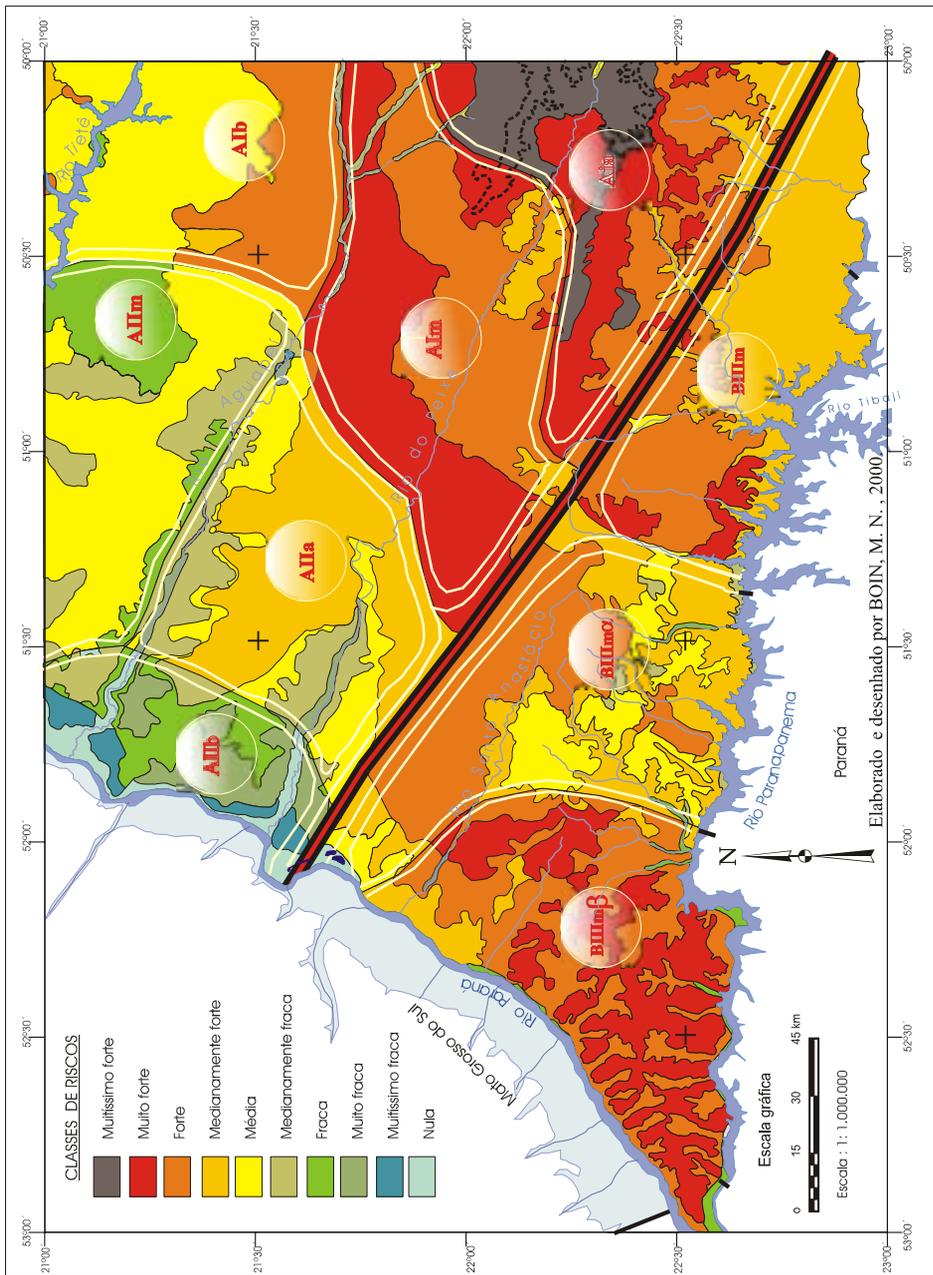
<sup>18</sup> Vertentes a barlavento.

Os resultados climatológicos, encontrados neste trabalho, associados a levantamentos de outros elementos físicos relacionados a fatores de erosão no Oeste Paulista, proporcionaram uma aplicação real da climatologia dinâmica, no estudo do espaço geográfico, com possibilidade de dar suporte ao planejamento regional e local, não somente no tocante a aspectos erosivos e pluviais, mas também no tocante a diferentes aspectos relacionados à análise ambiental.

## REFERÊNCIAS

- BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: Uma análise Climatológica Aplicada**, 2000. 264f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- DINIZ, J. A. F. Classificação de uma variável e sua aplicação na Geografia. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 1, n. 1, p. 25-39, 1971.
- GERARDI, L. H. O. Expansão da Lavoura cafeeira no Estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 10, n. 19, p. 61-74, 1980.
- MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia. **Climatologia 1**, IGEOG/USP, São Paulo, p. 1-21, 1971.
- MONTEIRO, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IGEOG USP, 1973. 129p.
- MONTEIRO, C. A. F. 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. **Série Teses e Monografias**, IGEOG USP, São Paulo, v. 1, p. 1-69, 1969.
- MONTEIRO, C. A. F. Sobre um Índice de Participação das Massas de ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 33, p. 59-69, 1964.
- PÉGUY, P. **Précis de Climatologie**, Paris: Masson, 1961. p.181-261.
- SANCHEZ, M. C. A problemática dos intervalos de classe na elaboração de cartogramas, **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 3, n. 4, p. 53-65, 1972.
- SETZER, J.. A distribuição Normal das chuvas no Estado de São Paulo, **Rev. Bras. de Geografia**, v. 8, n. 1, p. 3-70, 1946.
- SORRE, Max. Les fondements de la géographie Humaine: Essai d'une écologie de l'homme. In: **Livre I: Le climat et l'homme. Chp Ier Le Climat**. Paris: Librairie Armand Colin, 1951. p. 13-43.
- STRAHLER, A. N. **Geografia física**. Barcelona: Omega. 1986.
- TARIFA, J. R. Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera: Verão no Estado de São Paulo. **Série Teses e Monografias**, IGEOG, USP, São Paulo, n. 19, p. 1-93, 1975.
- TAVARES, A. C. Critérios de escolha de anos padrão para análise rítmica, **Geografia**, Rio Claro, n. 1, p. 79-87, 1976.
- ZAVATINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul**. 1990. 223f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Figura 5 - Carta de risco à erosão pluvial no Oeste Paulista



**Tabela 1 – Resumo dos principais fatores de risco pluvial à erosão, em cada unidade climática dos climas Controlado por massas Tropicais e Polares**

B – Controlado por massas Tropicais e Polares		A – Controlado por Massas Equatoriais e Tropicais.			CLIMAS ZONAIS
Climas úmidos da face oriental e sub-oriental dos continentes dominado por massa mT		Climas Tropicais alternadamente secos e úmidos			CLIMAS REGIONAIS
BIV – Atuação equilibrada da Massa Polar Atlântica por seus ramos ocidentais/continentais e Massa Tropical Atlântica e da Massa Tropical Continental		BIII – Atuação equilibrada da M. Polar Atlântica por seus ramos orientais/marítimos e central e da M. Trop. Atlântica	AII – Destacada atuação da Massa Tropical Atlântica e participação esporádica da Equatorial Continental e Tropical Continental (continua na tabela 2)		
BIVm β – Pontal do Paranapanema baixo rio Paranapanema	BIV α – Região de Presidente Prudente	BIII m – Região de Iepé, médio rio Paranapanema	AIIb – Região de Panorama, foz dos rios Aguapei e Peixe.	AII m – Região de Dracena e Adamantina, entre o r. Aguapei e divisor do rio S. Anastácio	UNIDADES CLIMÁTICAS
1200 a 1300 mm	1200 a 1300 mm	Maior que 1400 mm	1150 a 1250 mm	1200 a 1300 mm	Pluviosidade média anual
Primavera 400 mm	Primavera e verão 400 mm	Verão 500 mm	Verão 400 mm	Verão 400 a 500 mm	Pluviosidade média da estação mais chuvosa
Dezembro 175 a 200 mm	Dezembro 175 a 200 mm	Janeiro e dezembro 200 a 225 mm	Janeiro e dezembro 175 a 200 mm	Janeiro 200 a 225 mm	Pluviosidade média estação mais chuvosa
1900 mm, com ocorrência de 1 vez em 30 anos	2000 mm, com ocorrência de 1 vez em 30 anos	2100 mm, com ocorrência de 4 vezes em 30 anos	1700 mm, com a ocorrência de 2 vezes em 30 anos	1700 mm, com a ocorrência de 3 vezes em 30 anos	Pluviosidade anual excepcional
Advectivas com pouca chuva convectiva	Advectivas com pouca chuva convectiva	Advectivas com pouca chuva convectiva	Advectivas e convectiva	Advectivas e convectiva	Tipos predominantes de chuva
50 mm / 24 h	50 mm / 24 h	50 mm / 24 h	50 mm / 24 h	50 mm / 24 h	Pluviosidade média em 24 h (ano habitual)
100 a 150 mm/24 h	100 a 200 mm/24 h	150 a 200 mm/24 h	100 a 150 mm/24 h	100 a 150 mm/24 h	Pluviosidade média máxima em 24 h (ano habitual)
6,5 a 17,9 mm por dia de chuva	6,5 a 14,9 mm por dia de chuva	12,1 a 14,9 mm por dia de chuva	6,5 a 9,3 mm por dia de chuva	6,5 a 14,9 mm por dia de chuva	Densidade média das chuvas anuais
6.500 a 7000 Mj x mm x h x ha	6.500 a 7000 Mj x mm x h x ha	7000 a 7500 Mj x mm x h x ha	6.500 Mj x mm x h x ha	6.500 a 7000 Mj x mm x h x ha	Erosividade média anuais das chuvas (Ei30)
8.000 a 8.500 Mj x mm x h x ha	8000 a 9000 Mj x mm x h x ha	9000 a 10500 Mj x mm x h x ha	7.000 a 7.500 Mj x mm x h x ha	7.500 a 8.500 Mj x mm x h x ha	Erosividade em ano chuvoso (Ei30)
Sudoeste e Sul	Sul e Sudeste	Sudeste e Sul	Norte, sul e leste.	Leste, sul, sudoeste e sudoeste.	Vertente de maior risco
Boçoroca de encostas, ravinas e sulcos erosivos muito frequentes. Boçoroca de drenagem menos freqüente. Erosão laminar intensa. Assoreamento intenso de cursos d' água e pequenas reservatórios. Sedimentação.	Boçoroca de encostas, ravinas e sulcos erosivos muito frequentes. Boçoroca de drenagem menos freqüente. Erosão laminar intensa. Assoreamento intenso de cursos d' água e pequenas reservatórios. Sedimentação.	Boçoroca de encostas, ravinas e sulcos erosivos muito frequentes. Boçoroca de drenagem menos freqüente. Erosão laminar intensa. Assoreamento intenso de cursos d' água e pequenas reservatórios. Sedimentação.	Erosão laminar fraca a moderada. Sedimentação.	Ravinas e boçorocas de encostas, freqüentes de grandes dimensões. Erosão laminar moderada e intensa. Sulcos erosivos freqüentes. Sedimentação	Tipos de erosão que podem ocorrer

Fonte: BOIN, 2000.

**Tabela 2 – Resumo dos principais fatores de risco pluvial à erosão, em cada unidade climática dos climas Controlado por massas Equatoriais e Tropicais**

A - Controlado por massas Equatoriais e Tropicais				CLIMAS ZONAIS
Climas Tropicais alternadamente secos e úmidos				CLIMAS REGIONAIS
AII – (Veja tab. 1)	AI – Participação efetiva da Massa Tropical Atlântica e esporádica da Massa Polar Atlântica			
AII a – Região de Mirandópolis e Valparaíso, baixos rios Tietê e Aguapeí	Alb – Região de Araçatuba, rio Tietê e Aguapeí	Alm – Região de tupã, médio rio do Peixe.	Ala – Planalto de Marília	UNIDADES CLIMÁTICAS
1200 mm	Menor do que 1300 mm	1300 a 1400 mm	Maior do que 1400 mm	Pluviosidade média anual
Verão 500 mm	Verão 400 a 500 mm	Verão 400 a 500 mm	Verão maior que 500 mm	Pluviosidade média da estação mais chuvosa
Janeiro 200 a 225 mm	Janeiro 200 mm	Janeiro e dezembro 200 a 225 mm	Janeiro e dezembro 225 mm	Pluviosidade média estação mais chuvosa
1900 mm, com a ocorrência de 4 vezes em 30 anos	1700 mm, com a ocorrência de 3 vezes em 30 anos	1900 mm, com a ocorrência de 4 vezes em 30 anos	2100 mm, com a ocorrência de 4 vezes em 30 anos	Pluviosidade anual excepcional
Advectivas e convectiva	Advectivas e convectiva	Advectivas com pouca chuva convectiva	Advectivas com pouca chuva convectiva	Tipos predominantes de chuva
50 mm/24 h	50 mm/24 h	50 mm/24 h	50 mm/24 h	Pluviosidade média em 24 h (ano habitual)
100 a 150 mm/24 h	100 a 150 mm/24 h	100 a 150 mm/24 h	150 a 200 mm/24 h	Pluviosidade média máxima em 24 h (ano habitual)
6,5 a 14,9 mm por dia de chuva	6,5 a 14,9 mm por dia de chuva	6,5 a 14,9 mm por dia de chuva	6,5 a 14,9 mm por dia de chuva	Densidade média das chuvas anuais
6.500 a 7000 Mj x mm x h x ha	6.500 a 7000 Mj x mm x h x ha	7000 Mj x mm x h x ha	7.000 a maior que 7500 Mj x mm x h x ha	Erosividade média anuais das chuvas (Ei30)
8.000 a 9.000 Mj x mm x h x ha	8.000 a 9.500 Mj x mm x h x ha	7.500 a 10.000 Mj x mm x h x ha	9.000 a 10.000 Mj x mm x h x ha	Erosividade em ano chuvoso (Ei30)
Norte e nordeste	Nordeste	Sudeste, leste e sul	Sudeste e leste	Vertente de maior risco
Boçoroca de encostas, ravinas e sulcos erosivos muito freqüentes. Boçoroca de drenagem menos freqüente. Erosão laminar intensa. Assoreamento intenso de cursos d' água e pequenas reservatórios.	Boçoroca de encostas, ravinas e sulcos erosivos muito freqüentes. Boçoroca de drenagem menos freqüente. Erosão laminar intensa. Assoreamento intenso de cursos d' água e pequenas reservatórios.	Boçoroca de drenagem de encostas, ravinas e sulcos erosivos muito freqüentes. Processos geomorfológicos e /ou formar de relevo, nas vertentes quedas de blocos e escorregamentos. Erosão laminar intensa. Assoreamento intenso de cursos d' água e pequenas reservatórios.	Boçoroca de drenagem de encostas, ravinas e sulcos erosivos muito freqüentes. Processos geomorfológicos e /ou formar de relevo, nas vertentes quedas de blocos e escorregamentos. Erosão laminar intensa. Assoreamento intenso de cursos d' água e pequenas reservatórios.	Tipos de erosão que podem ocorrer

Fonte: BOIN, 2000.

Recebido em setembro de 2001.

Aceito em dezembro de 2001.