

RITMO CLIMÁTICO E A GÊNESE DAS CHUVAS NA ZONA COSTEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL

João Lima Sant Anna Nato *

Introdução:

Numa época de grandes transformações ambientais, onde a alternância de períodos chuvosos e secos assumem proporções de calamidade em função da intensidade da ocupação humana, quer nas atividades agrárias quer nas grandes aglomerações urbanas, é inegável que a variável “clima” seja a de mais difícil contro le manejo e gerenciamento num país de características tropicais como a do território brasileiro.

A sucessão de anomalias plviométricas que ocasionam de modo dramático as secas no Nordeste, as cheias do Brasil Meridional, as enchentes nas áreas metropolitanas associadas a uma caótica infraestrutura urbana, as geadas e precipitações de granizo nas lavouras do centro-sul, as chuvas intensas que provocam desliamentos e movimentos coletivos dos solos nas encostas abruptas do Planalto Atlântico agravados pelo desmatamento das matas úmidas de encostas, são apenas alguns exemplos de fatos que a principios nos revelam um conjunto de acontecimentos excepcionais mas que em última análise resultam do próprio caráter dinâmico dos fenomenos naturais, particularmente daqueles originados na atmosfera.

As precipitações atmosféricas, encaradas sob o enfoque quantitativo através da análise da distribuição espacial e temporal das chuvas apesar de apresentarem um viés importante nana tentativa de compreensão do fenômeno esta longe de responderem as indagações da climatologia enquanto ciência geográfica, que só se consubstância na explicação qualitativa de sua gênese e repercussão no espaço.

Nas últimas décadas, os estudos centrados na temática climatológica demonstram de maneira enequívoca, que uma compreensão geográfica do clima só pode ser alcançada através de uma obardagem dinâmica, paradigma este que nos foi legado pelo mestre francês Max SORRE em sua obra “LES FUNDAMENTS DE LA GEOGRAPHIE HUMAINE” (1951), ao introduzir os conceitos de “ritmo” e “sucessão” e construir as bases para o aparecimento de uma climatologia de síntese ou “dinâmica” (tal qual ocorreu décadas antes com o surgimento de uma meteorologia dinâmica através da escola escandinava).

No Brasil, estes fundamentos foram disseminados pelo brilhante geógrafo brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo MONTEIRO, que numa série de ensaios metodológicos publicados pela REVISTA GEÓGRAFICA nos anos 60, além de

* Departamento de Geografia Humana e Regional – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista Presidente Prudente – Sao Paulo – Brasil.

sua tese de doutoramento “A FRENTE POLAR ATLÂNTICA E AS CHUVAS DE INVERNO NA FACHADA SUL-ORIENTAL DO BRASIL” (1969) e um magnífico estudo em forma de atlas “A DINÂMICA CLIMÁTICA E AS CHUVAS NO ESTADO DE SÃO PAULO” (1973), demonstrou a necessidade de se adotar um caráter dinâmico e genético ao estudo do clima. Abordando esta questão, MONTEIRO (1962), enfatiza “... o único compromisso compatível com o caráter científico da geografia...” e acrescenta ainda que a finalidade do método geográfico é a explicação dos fenômenos e que “... se esta compreensão só pode ser obtida através da circulação atmosférica regional regulada pelos centros de ação térmicos ou dinâmicos que, embora distribuída sazonalmente na superfície, são células cuja circulação e conflito sob a ação dos fatores geográficos se definem na escala regional, este objetivo só pode ser alcançado através do método dinâmico...”, portanto a partir da análise rítmica.

Toda a obra de MONTEIRO marcou profundamente os caminhos da climatologia no Brasil, criou escola e direcionou as diversas linhas de pesquisa adotadas posteriormente por seus seguidores. É com esta concepção de clima que realizamos este trabalho.

A posição latitudinal de seu território e a localização zonal faz com que o Estado de São Paulo (além do MS) possa ser considerado o palco maior do complexo jogo das atuações dos sistemas atmosféricos visto que, é nesta faixa de transição que ocorre o confronto entre os climas controlados pelos sistemas tropicais e pelos extra tropicais (polares), além dos fenômenos frontológicos.

Muitos trabalhos já foram realizados perseguindo esta linha de pesquisa, notadamente para a porção interior do Estado de São Paulo, onde a organização econômica e a concentração demográfica se dão com maior intensidade.

A zona Costeira do Estado de São Paulo, se ressentiu de estudos mais detalhados no que concerne ao conhecimento do quadro climático regional, como vimos pela bibliografia anterior. Poucos trabalhos trataram desta questão, e mesmo assim, em suas expressões locais.

A exceção de MONTEIRO (1973), nenhum trabalho foi realizado na tentativa de elucidar a dinâmica climática e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista em toda a sua dimensão enquanto unidade diferenciada do Estado de São Paulo, na qual forma um conjunto individualizado no quadro natural paulista.

Assim, o objetivo desta pesquisa consiste na tentativa de explicar o ritmo climático da Zona Costeira associado à gênese das chuvas com uma noção de conjunto que esta unidade espacial nos oferece, utilizando-se de 112 postos pluviométricos e 5 estações meteorológicas no universo da análise compreendido pelo período de 30 anos (1958/1987), prosseguindo de onde MONTEIRO terminou (1941/1957) a trazer subsídios para um melhor esclarecimento da faixa transicional e das sub-unidades dos climas zonais da costa paulista, utilizando técnicas estatísticas e

recursos da informática contribuindo assim, para a compreensão geográfica do clima nos trópicos.

Características Geográficas da Zona Costeira Paulista

A Zona Costeira Paulista, aqui compreendida por toda a extensão das bacias hidrográficas cujos rios nascem no Planalto Atlântico (serra do Mar e de Parapiacaba), e que pelas vertentes orientais deságuam no litoral paulista (Oceano Atlântico), assim como as demais áreas costeiras, segundo HERZ (1988), são regiões que resultam de uma estrutura de relações complexas atuando sobre uma faixa caracterizada pelos processos marinhos, continentais e atmosféricos, e que podem ser defendidas como uma área "... de largura variável, incluindo a praia e a extensão de seu litoral até a penetração das influências marinhas, reconhecendo na morfologia uma série de processos derivados dos fatores ambientais, notadamente geológicos, climáticos, oceanográficos e bióticos." (BIRD, 1973).

No caso específico do Estado de São Paulo, a Zona Costeira apresenta uma identidade das unidades integradas, condicionadas pelo processos geológicos do Cenozóico (Almeida, 1964).

Admitimos, pois, a existência de 4 sub-unidades integrantes:

LITORAL NORTE (our nordeste)

Área compreendida a partir da Serra de Juqueriquerê e a ilha de São Sebastião, no sentido sudoeste-nordeste, até a Serra de Paratí nos limites dos Estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. Caracteriza-se pela presença marcante da Serra do Mar muito próxima do litoral e pela forte declividades de suas escarpas e esporões que possibilitam a existência demuitas planícies aluviais de pequenas extensões, à exceção do bolsão formado pela enseada de Caraguatatuba, que se assemelha a um imenso anfiteatro a chega a atingir cerca de 10 km de largura.

Nesta porção do território costeiro paulista, e ocorrência de chuvas de efeito orográfico são marcantes e as penetrações da Frente Polar Atlântica (FPA)são prejudicadas tanto pelo alinhamento SO-NE da área, quanto pela barreira imposta pelas serras de Juqueriquerê e de São Sebastião, ambas com altitudes superiores a 500 m, e que determinam a presença de uma "ilha de sombra de chuvas" nesta área.

LITORAL CENTRAL

Pela sua complexidade, consideramos como parte integrante desta área, a região compreendida entre a Serra de Juqueriquerê (em sua vertente sul onde se localiza Maresias) e o Morro de Peruíbe (escarpa nordeste da Serra dos Itatins), desde o litoral até as vertentes do Planalto Atlântico. Distinguimos três sub-conjuntos:

Região de Bertioga – porção centro-sul do litoral central, entre Bertioga e Maresias, onde a Serra do Mar se distancia quase 10 km da linha de costa, formando uma extensa praia de mais de 40 km de extensão, disposta quase no sentido leste-oeste ecolocando-se em posição oponente à penetração das correntes atmosféricas do sul.

Baixada de Itanhaém – localizada entre as serras de Mongaguá e dos Itatins (Morro de Peruíbe), estende-se por mais de 60 km de praias retilíneas e adentra ao interior em direção à Serra de Paranapiacaba em cerca de 25 a 30 km. Com um maior distanciamento das escarpas, o efeito orográfico diminui e portanto os totais pluviométricos.

LITORAL SUL (ou sudoeste)

Estende-se desde a Planície da Juréia (ao sul da Serra dos Itatins), na direção sudoeste até Ariri, localizado nas proximidades da Serra do Jaguarí que delimita os estados de São Paulo e do Paraná. Incluindo o sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, com mais de 80 km de comprimento e de largura variável entre 20 e 30 km, formada por várias ilhas (Comprida, Cananéia e Cardoso), compostas por material sedimentar remanejado por processos marinhos acumulados, e por inúmeros morros isolados. Pela grande distância da Serra de Paranapiacaba, há uma nítida diminuição do efeito orográfico, porém por sua latitude mais elevada, é grandemente influenciada pelos fluxos polares e sistemas frontais.

VALE DO RIBEIRA

Área nitidamente sub-litorânea, de altitudes entre 25 e 100 m, cuja existência está associada, entre outros fatores, as flutuações do nível do mar e ao recuo das escarpas de Serra de Paranapiacaba, que aí se encontram quase a 100 km da linha de costa. Localizada na região de Registro, estende-se ao sudoeste até Jacupiranga e limites do Estado do Paraná. A oeste, compreende do Vale de Iguape até Eldorado e daí ao norte e nordeste abrangem os municípios de Sete Barras, Juquiá e Miracatú. Caracteriza-se pelos reduzidos totais pluviométricos, uma vez que está abrigada das correntes de ar provenientes tanto do sul e sudeste, quando do norte e nordeste em função da presença das serras do Bananal, Itatins, Juréia, Mandira, entre outras.

Com base nesta distribuição espacial, de caráter mais morfológico e pluviométrico, é que se analisará a Zona Costeira Paulista, em busca das influências locais e regionais na gênese e distribuição das chuvas desta unidade espacial no território do Estado de São Paulo. Figura 1.

Procedimentos Metodológicos

Método Teórico e Aplicado

Assumido-se a concepção “sorreana” do clima, dentro do conceito de “ritmo climático” e no âmbito da Climatologia Dinâmica (SORRE, 1951) e em busca da

gênese das chuvas, através de articulação das células regionais do clima, sob a ótica do “Método Sintético das Massas de ar” (PÉDÉLABORDE, 1959), pretende-se explicar a distribuição pluviométrica qualitativa e quantitativamente, apresentando uma classificação climática através de uma “carta síntese” da “tipologia climática”, utilizando-se do conceito de “análise rítmica” (MONTEIRO, 1971).

A partir de uma análise espacial da distribuição das chuvas com o objeto de caracterizar e definir o seu “regime”, buscou-se estabelecer o comportamento pluvial, tanto no seu padrão “habitual”, quanto nas variações excepcionais (padrões chuvosos e secos) ao longo do segmento de tempo 1958/1987.

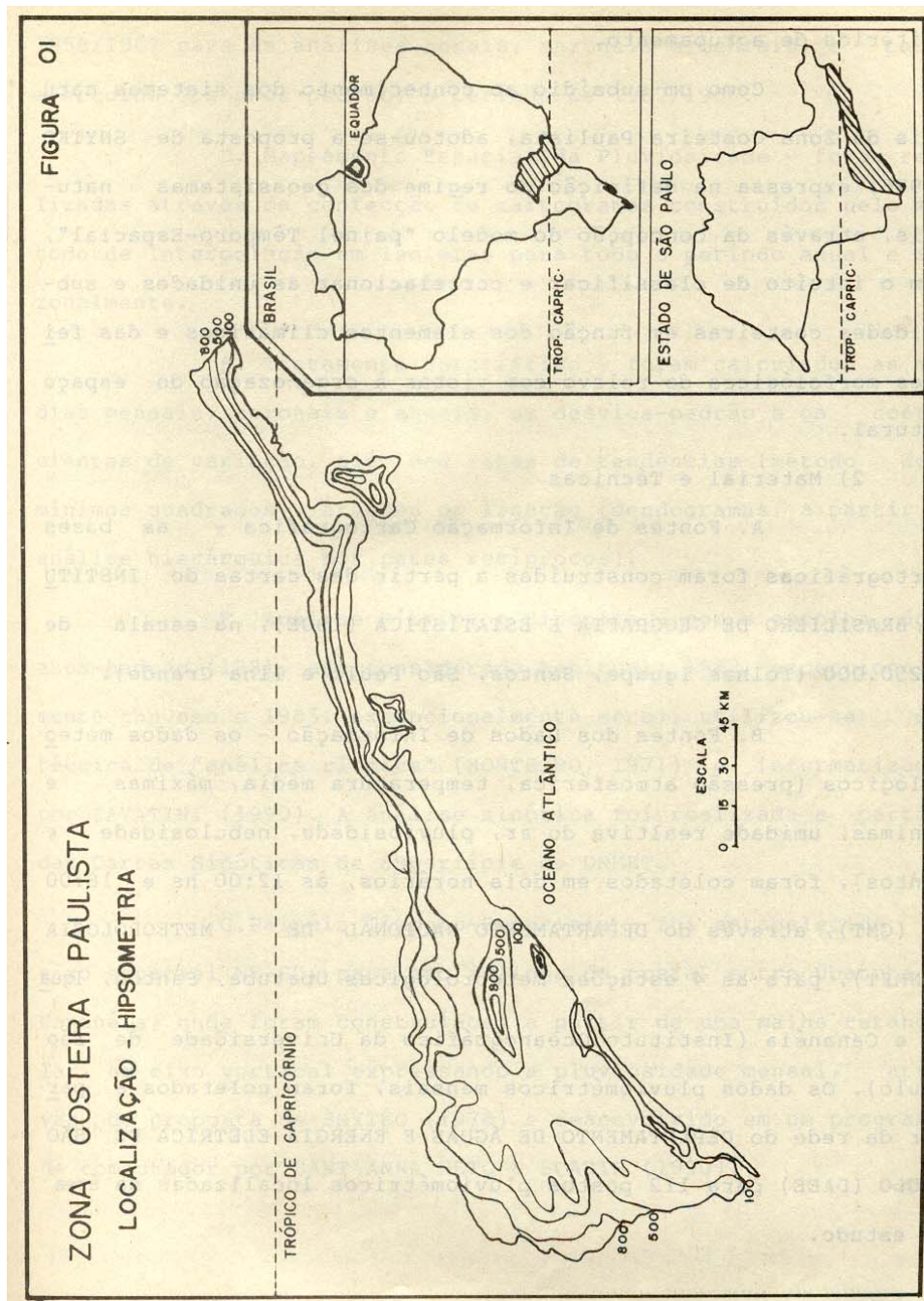
Para a análise dos tipos de variações pluviométricas e definição de suas tendências anuais, sazonais e mensais, utilizou-se o trabalho divulgado por JOHNSTON (1968) baseado em critérios de agrupamento.

Como um subsídio ao conhecimento dos sistemas naturais da Zona Costeira Paulista, adotou-se a proposta de SNYTKO (1976) expressa na definição do regime dos geossistemas naturais, através da concepção do modelo “painel Têmporo-Espacial”, com o intuito de classificar e correlacionar as unidades e sub-unidades costeiras em função dos elementos climáticos e das feições morfológicas do relevo com vistas à organização do espaço natural.

Material e Técnicas

Fontes de Informação Cartográfica – as bases cartográficas foram construídas a partir das cartas do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), na escala de 1:250.000 (folhas Iguape, Santos, São Paulo e Ilha Grande). Fontes dos Dados de Informação – os dados meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura média, máximas e mínimas, umidade relativa do ar, pluviosidade, nebulosidade e ventos), foram coletados em dois horários, às 12:00 hs e 18:00 hs (GMT), através do DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (DNMET), para as 4 estações meteorológicas Ubatuba, Santos, Iguape e Cananéia (Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo). Os dados pluviométricos mensais, foram coletados a partir da rede do DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DE SÃO PAULO (DAEE) para 112 postos pluviométricos localizadas na área de estudo.

Segmento de Tempo – utilizou-se o período de 1958/1987 para as anuais, sazonais e mensais, e para a escolha dos anos-padrão, o período de 1967/1986. Mapeamento Espacial da Pluviosidade – foram realizadas através da confecção de cartogramas construídos pelo método de Interpolação em Isoietas para todo o período anual e sazonalmente.



Tratamento Estatístico – foram calculados as médias mensais, sazonais e anuais, os desvios-padrão e os coeficientes de variação, além das retas de tendências (método dos mínimos quadrados), árvores de ligação (dendogramas, a partir da análise hierárquica por pares recíprocos).

Análise Rítmica e Sonótica – com a escolha dos anos-padrão (1981, ano considerado habitual; 1983, excepcionalmente chuvoso e 1985, excepcionalmente seco), utilizou-se da técnica de “análise rítmica” (MONTEIRO, 1971) e

informatizado por ZAVATINI (1990). A análise sinótica foi realizada a partir das Cartas Sinóticas de Superfície do DNMET.

Painéis Têmporo-Espaciais – foi estabelecido o eixo espacial NE-SO, paralelo à linha de costa, entre Ubatuba e Cananéia, onde foram construídos, a partir de uma malha retangular, um eixo vertical expressando a pluviosidade mensal, através da proposta de SNYTKO (1976) e desenvolvido em um programa de computador por SANT'ANNA NETO & SCARIN (1990).

Resultados e Conclusões:

Toda a análise produzida, através do procedimento teórico-metodológico adotado e materializado nas técnicas demonstradas, nos permitiu chegar a uma única conclusão, mesmo que muitas de nossas indagações iniciais, ainda tenham persistido, numa série de dúvidas e perguntas sem respostas convenientemente encontradas.

Acreditamos, que pudemos confirmar o elevado índice de participação dos sistemas frontais na gênese das chuvas da Zona Costeira Paulista, tal qual MONTEIRO (1969 e 1973), já havia demonstrado, e que só pode ser explicado pela invasão dos climas zonais, que é o Estado de São Paulo, o mais característico do Brasil de centro-sul. Também verificamos, a importância do efeito orográfico na produção das chuvas (já notados por CONTI, 1975), intimamente associados à articulação da morfologia do relevo com as células regionais do clima, fator de diferenciação, na distribuição espacial da pluviosidade na zona costeira, o que nos possibilitou a classificação tipológica das chuvas, e o reconhecimento de uma extensa área de transição (e contato), entre as áreas de domínio das massas tropicais e extra-tropicais, representada pela faixa central da Zona Costeira Paulista, entre as serras de Juqueriquerê e dos Itatins, cuja core é a Baixada Santista.

Todo o esforço, na tentativa de criar uma rotina de trabalho apoiada em técnicas computacionais e recursos de informática, outro objetivo nosso, se mostrou bastante compensador. Pudemos criar modelos gráficos, que quando aprimorados, serão de grande valia para a análise geográfica do clima (vide painéis têmporo-espaciais). Outros pacotes utilizados, criados por vários profissionais de nossa comunidade, foram bastante aproveitados, mesmo que em alguns casos, tivemos que promover alterações.

O fato é, que a utilização deste instrumental, quando realizada de forma criteriosa e crítica, e reconhecendo que seu papel é o de ser um “meio” ágil e preciso de tratar, quantitativamente, os dados de informação, mas que não substitui a inteligência humana, a quem pertence o poder de análise e decisão, é altamente positivo e merece maior atenção por parte dos geógrafos de nossa comunidade.

A análise espacial da pluviometria e o reconhecimento dos sistemas atmosféricos em sua dinâmica, que conseguem de maneira mais precisa, elucidar a gênese das precipitações nas porções interiores do continente, não se revelaram suficientes

para a explicação do mesmo fenômeno, para a área litorânea, pois trata-se de uma faixa mais complexa pela influência que sofre da dinâmica oceânica. Pudemos observar, que os mecanismos da circulação atmosférica, não bastaram para explicar uma série de episódios pluviais, e que, a princípio, não autoriza a indicar como responsáveis, a circulação das águas de superfície, em sua interação com a atmosfera e contato com o continente, fato ainda pouco estudado pelos geógrafos brasileiros, e ainda carente de uma maior atenção e produção científica.

Outra indagação que permaneceu sem a suficiente resposta, foi a questão de como quantificar as chuvas produzidas pelo efeito orográfico. Se conseguimos constatar, este fenômeno, pela comparação dos totais pluviais em postos localizados nas baixadas, junto à linha de costa, com aqueles situados nas vertentes serranas do Planalto Atlântico, expostas ao litoral, é fato também, que sua influência se estende para além das vertentes, produzindo um incremento de pluviosidade, mesmo nas planícies costeiras, de difícil quantificação.

Temos a convicção, de que ao optarmos pela análise regional do clima, sobre uma vasta área, que é a Zona Costeira Paulista, abdicamos de uma profundidade, que certamente teria sido alcançada, se tivéssemos escolhido outra escala espacial de trabalho, porém, como acreditamos que pouco ainda foi realizado na tentativa de elucidar a dinâmica atmosférica nesta complexa faixa de interação oceano-contidente-atmosfera, nos pareceu mais profícuo assim proceder, e contribuir, mesmo que modestamente, para o melhor entendimento dos fenômenos climáticos da Zona Costeira Paulista, e por que não dizer, da própria zona tropical.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: Geologia do Estado de São Paulo, Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, 41:169-263, 1964.

BIRD, E.C.F. Coasts, MIT Press, Boston, 1973.

CONTI, J.B. Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região leste paulista. Série Teses e Monografias, 18, Instituto de Geografia/USP, São Paulo, 1975.

HERZ, R. Distribuição dos padrões espectrais associados à estrutura física dos manguezais de um sistema costeiro sub-tropical. Instituto Oceanográfico/USP, São Paulo, 1988.

JOHNSTON, R.J. Choice in classification: the subjectivity of objectivity methods. Annals of Assoc. Am. Geographers, 58 (3) Washington, 1968.

MONTEIRO, C.A. de F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. Revista Geográfica, 31 (57), Rio de Janeiro, 1962.

----- A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise dos tipos de tempo no Brasil. Série Teses e Monografias, 1. Instituto de Geografia/USP, São Paulo, 1969.

----- Análise rítmica em climatologia. Climatologia, 1. Instituto de Geografia/USP, São Paulo, 1971.

----- A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo em forma de Atlas. Instituto de Geografia/USP, São Paulo, 1973.

PÉDÉLABORDE, P. Introduction à l'étude scientifique du climat. Centre de Documentation Universitaire, Paris, 1959.

SANT'ANNA NETO, J.L. & SCARIN, J.L. Modelo gráfico para a construção de "painéis tempo-espaciais". In: SÍMPOSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 4, Rio Claro, 1990.

SNYTKO, V.A. About spatial-temporal models of natural regimes of geosystems. Reports of the Institute of Siberia and the Far-East, Irkutsk, USSR, 1976.

SORRE, M. Les fondamentaux de la Géographie humaine. Librairie Armand Colin, Paris, 1951.

ZAVATINI, J.A. & FLORES, E.F. Construção do gráfico "análise rítmica" por computador. SÍMPOSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 3, Rio Claro., 1988.

FIGURA 02

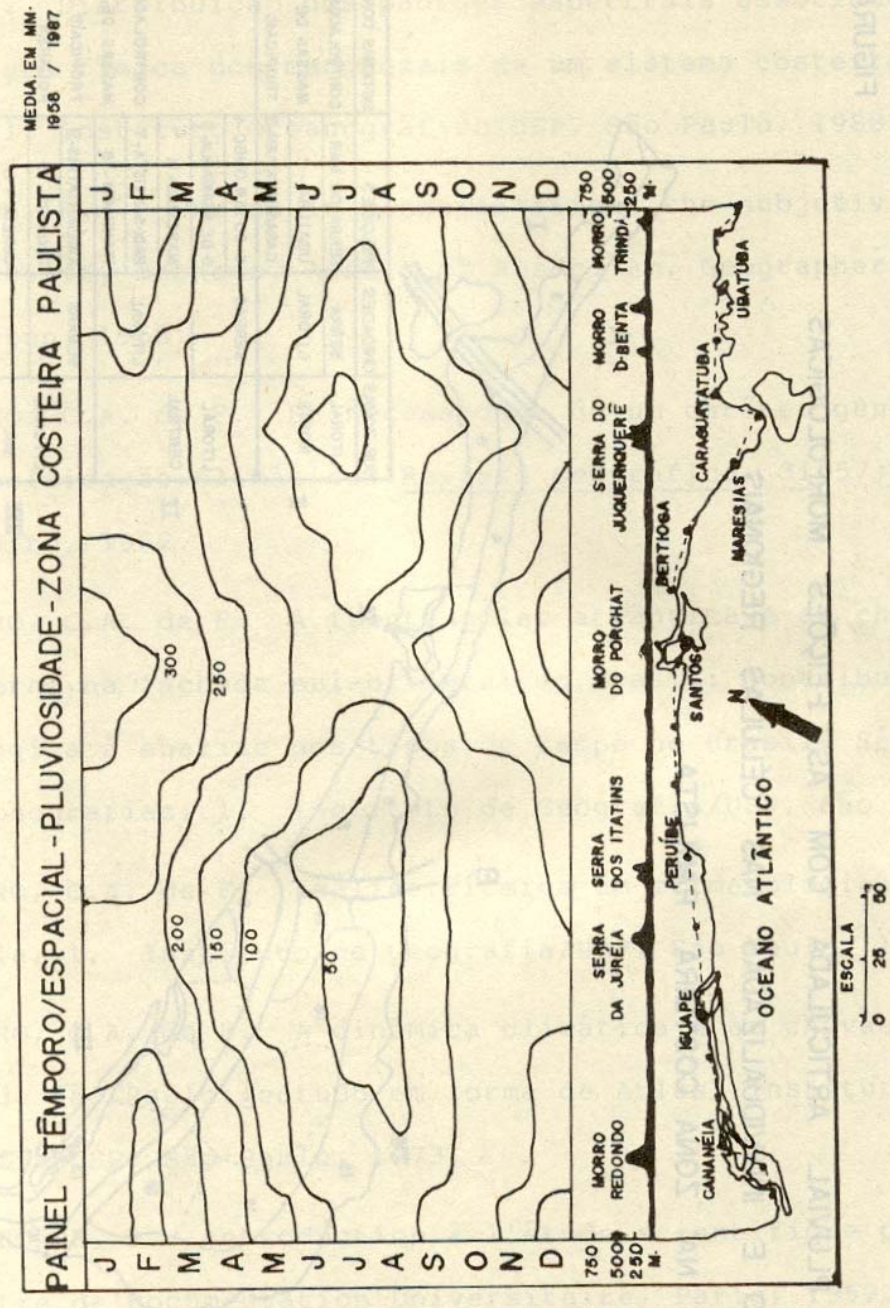
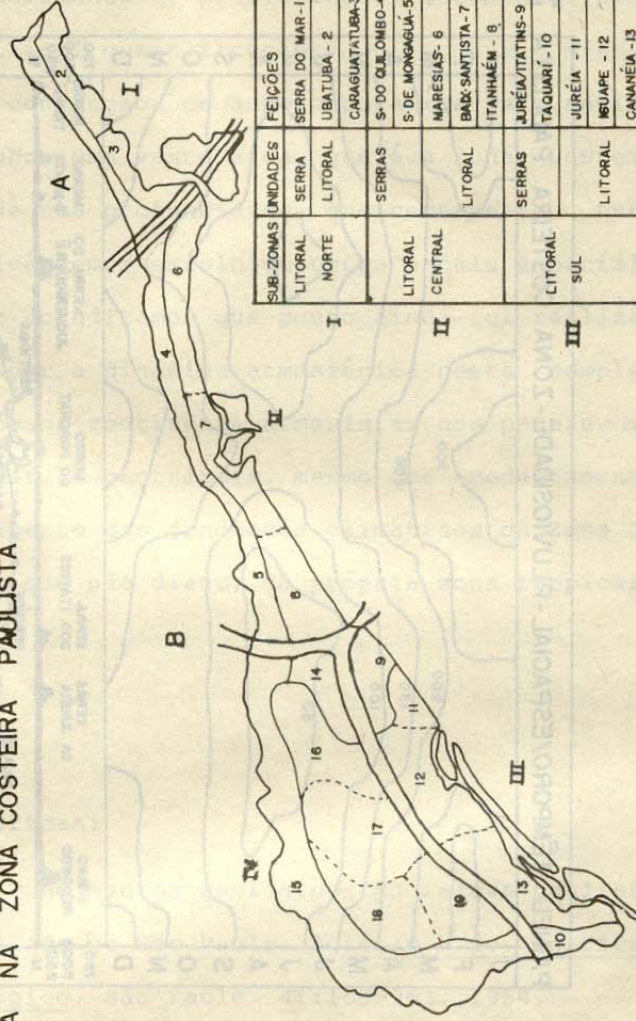


FIGURA 03

TIPOLOGIA PLUVIAL ARTICULADA COM AS FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO RELEVO E INDIVIDUALIZADAS NAS CÉLULAS REGIONAIS DO CLIMA NA ZONA COSTEIRA PAULISTA



SUB-ZONAS	UNIDADES	FEIÇÕES	SISTEMAS DOMINANTES
LITORAL NORTE	SERRA	SERRA DO MAR-1	CONTROLADOS POR MASSAS DE AR TROPICAIS
	LITORAL	UBATUBA - 2	
LITORAL CENTRAL	SERRAS	CARAGUATATUBA-3	CONTROLADOS POR MASSAS DE AR TROPICAIS E POLARES
		S-DO QUELUMBO-4	
		S-DE MONGAGUA-5	
LITORAL SUL	SERRAS	MARESIAS- 6	CONTROLADOS POR MASSAS DE AR TROPICAIS E POLARES
		BAK-SANTISTA-7	
		ITANHAEEM - 8	
VALE DO RIBEIRA	VALES	JUREIA/ITATINS-9	CONTROLADOS POR MASSAS DE AR TROPICAIS E POLARES
		TAQUARI - 10	
VALE DO RIBEIRA	VALES	JUREIA - 11	CONTROLADOS POR MASSAS DE AR TROPICAIS E POLARES
		IBUAPE - 12	
		CANANEIA - 13	
		ITATINS-14	
VALE DO RIBEIRA	VALES	PARAMAPICABA-15	CONTROLADOS POR MASSAS DE AR TROPICAIS E POLARES
		JUQUIA - 16	
		REGISTRO - 17	
		ELDORADO - 18	
		JACUPRANGA - 19	