

MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO (BRASIL)

Maria Juraci Zani dos Santos*

CLIMATIC CHANGES IN THE SÃO PAULO STATE (BRAZIL)

Global climatic changes have been detected through the use of models indicating that man-made imbalances are causing atmospheric alterations and the consequences could be irreversible in the future. For the presente research, it was sought to analyze climatic changes through rain variability and tendency in the State of São Paulo, with continuous data taken from 22 weather stations during the 1941-1993 time period. With the results obtained it is intended to provide assistance to global environmental transformation research and in sustainable development planning.

Key Words: Climatic Changes; Rain Variability; Rain Tendency

1. Introdução

A perspectiva de que as atividades humanas possam estar, presentemente, provocando impactos no ambiente de magnitudes comparadas à daqueles que resultaram de processos naturais no passado, além de poderem estar se acelerando, se constitui numa das principais preocupações dos pesquisadores na atualidade. Muito se tem discutido nos últimos anos sobre as mudanças climáticas globais e regionais. Porém, pairam certas dúvidas entre constatações e entre certos postulamentos dos indícios de mudanças e sobre as medidas a serem tomadas face às suas consequências.

A este respeito, no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) apresentado em 1990 durante a Segunda Conferência Mundial do Clima, em Genebra, figuraram como observações concretas: a) as emissões antropogênicas estão aumentando substancialmente as concentrações dos gases de efeito estufa, resultando em aquecimento adicional na superfície terrestre. Com o aquecimento global aumentará a concentração do vapor de água reforçando o aumento das chuvas; b) evidência inequívoca de que as atividades humanas estão afetando a camada global de O₃; c) a temperatura média global aumentou de 0,3^o a 0,6^oC nos últimos cem anos; cujos cinco anos mais quentes ocorreram no decênio de 1980; d) como consequência o nível do mar subiu, no todo, de 10 a 20 cm e poderá elevar-se mais, trazendo sérias consequências em vários continentes. Estas mudanças climáticas globais vêm sendo detectadas através de modelos, dando indícios de que os desequilíbrios provocados pelo homem estão causando alterações na atmosfera, cujas consequências poderão ser irreversíveis no futuro.

Muito embora seja assunto que já permeia muitos congressos científicos, em escalas nacional e internacional, e que tem sido assunto principal dos livros didáticos e de

* Professora Adjunta do Departamento de Geografia e CEAPLA - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - Campus de Rio Claro - Rio Claro (SP) - Brasil.

muitas obras que tratam das ciências atmosféricas e ambientais, sente-se urgência em que se multipliquem estudos em escalas locais e regionais para dar subsídios aos estudos globais sobre as mudanças climáticas, principalmente nos países do Terceiro Mundo.

A mudança climática tem sido entendida como sendo todas as formas de inconstâncias climáticas, independentemente de sua natureza estatística ou causas físicas, podendo ser analisadas em diversas **escalas temporais** (longos, médios e curtos prazos), e **escalas espaciais**, como global, regional e local (MITCHELL, 1966, in relatório da Organização Meteorológica Mundial). Desta maneira, o termo mudança climática compreende diversas categorias de inconstâncias, cujas ocorrências se enquadram nas definições de tendência, descontinuidade, flutuação, variação, oscilação, vacilação, periodicidade e variabilidades climáticas. Desta forma, procurou-se nesta pesquisa analisar o Estado de São Paulo, pois se situa em área transicional entre climas controlados por massas equatoriais e tropicais e climas controlados por massas polares e fenômenos frontológicos.

Os objetivos visados no desenvolvimento do projeto foram: 1. retomar a análise morfológica do clima, com ênfase nas características da precipitação; 2. analisar as mudanças climáticas, procurando verificar a existência e as características das inconstâncias climáticas (principalmente a variabilidade e a tendência), com base no estudo das séries temporais de registros sobre precipitação, para estações localizadas nas diferentes feições climáticas individualizadas no território paulista dentro das células climáticas regionais e de suas articulações nas faixas zonais, segundo classificação proposta por MONTEIRO (1973); 3. gerar indicadores para correlacionar com a análise dinâmica em Climatologia, a fim de explicar as tendências observadas no comportamento regional das precipitações, com a finalidade de que se possa gerar conhecimentos sobre a evolução e as transformações na circulação atmosférica ao longo do tempo; e 4. contribuir com indicadores para os estudos de paleoclimatologia e paleohidrologia, assim como para se analisar os processos geomorfológicos e hidrológicos atuais.

2. Revisão da Literatura

A variabilidade climática foi analisada desde o início do século e ganha impulso nos últimos anos nos meios de comunicação, nos simpósios e congressos internacionais, nos movimentos ambientalistas, envolvendo grande número de pesquisadores e interessados de diversas áreas do conhecimento científico. Para tanto, na análise deste tema buscou-se revisar obras e artigos que discutem a variabilidade climática no contexto das mudanças climáticas, como fontes subsidiárias ao estudo. Assim, têm-se: 1) obras resultantes de encontros científicos; 2) livros com fins científicos e didáticos e 3) artigos em periódicos especializados. A revisão ampla destes trabalhos foi realizada por SANTOS (1992).

Na presente comunicação apresentam-se exemplos de obras resultantes dos encontros científicos. O Segundo Simpósio Nórdico sobre Mudanças Climáticas realizado em Estocolmo, em maio de 1983 reúne no volume *Climatic Changes on a Yearly to Millennial Basis*, sob coordenação editorial de N.A. Morner e W. Karlén, 57 comunicações, redigidas por 81 especialistas, onde são analisados e interpretados registros geológicos, históricos e instrumentais, que fornecem informações sobre as

oscilações climáticas da Escandinávia ocorridas no período de deglaciação, no Holoceno e nos últimos 1.500 anos. Destaca-se, também, o simpósio realizado no período de 21 a 23 de maio de 1984, na Columbia University (New York), cujas comunicações foram apresentadas em *Climate: History, Periodicity and Predictability* escrito por RAMPINO, SANDERS, NEWMAN e KONIGSSON (1987). Nesta obra é colocado a público um levantamento atualizado sobre as mudanças climáticas em função da escala temporal e espacial, considerando as informações climáticas a curto prazo, as periodicidades e as causas possíveis das mudanças climáticas.

Verifica-se também que vários simpósios foram organizados dentre as atividades programadas da XIX Assembléia Geral da União Internacional de Geodésia e Geofísica, no período de 9 a 22 de agosto de 1987, em Vancouver. Destes pode-se destacar *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources*, onde SOLOMON et al (1987) levantaram importantes questões sobre mudança e variabilidade climáticas.

Editado por ALEXANDERSON & HOLMGREN (1987), o volume *Climatological Extremes in the Mountains, Physical Background, Geomorphological and Ecological Consequences*, contém dezessete comunicações que foram apresentadas no simpósio realizado em Abisko, em março de 1986, sobre os diversos aspectos relacionados com os eventos climáticos de elevada magnitude. A maioria dos trabalhos que se referem à análise dos extremos climáticos consideram como variáveis meteorológicas controladoras, a temperatura, a pluviosidade e a temperatura do solo.

Outro significativo simpósio na linha de verificação da probabilidade de mudança climática nas próximas décadas verifica-se em *Impacts of Climate Change on the Great Lakes Basin*, realizado em setembro de 1988 e organizado por entidades governamentais do Canadá e dos Estados Unidos, cujo volume das comunicações foi organizado por CHANGNON et al (1989). Abordaram estudos específicos de impactos sobre os aspectos da agricultura, industrialização, urbanização, transportes, turismo, poluição, qualidade das águas e, os seres vivos (plantas e animais).

Organizada a Segunda Conferência Mundial do Clima, realizada em Genebra, em 1990, a obra intitulada *Climate Change: Science, Impacts and Policy*, editada por JAGER & FERGUSON (1991), traz importantes contribuições que tratam do problema da mudança global do clima e seus efeitos no desenvolvimento do mundo e perspectivas para sustentar o desenvolvimento sócio-econômico, como também um sumário de programas técnicos e ações políticas que se fazem necessário no tratamento deste importante problema global.

Destaca-se ainda, a Conferência Internacional sobre “Impactos e Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semi-Áridas”, ocorrida em Brasília no ano de 1992. Nesta, procurou-se focar os efeitos econômicos, sociais e ambientais no nordeste que se configura como importante região semi-árida brasileira. Neste evento, contribuiu-se para o estudo e discussões dos problemas de degradação ambiental apresentados pelas regiões semi-áridas do planeta, especialmente aquelas que se localizam nos países em desenvolvimento.

Muitos congressos nacionais e internacionais no âmbito da Meteorologia e da Climatologia estão reunindo informações sobre mudanças climáticas regionais na América Latina. Exemplo destes mostram-se o VII Congresso Argentino de Meteorologia e o VII Congresso Latinoamericano e Ibérico de Meteorologia realizado em Buenos Aires em setembro de 1996, cuja realização e Anais congregam importantes comunicações.

3. Metodologia

A chuva se constitui no elemento que melhor expressa as condições climáticas do território paulista. Isto se deve tanto à sua variabilidade espacial, quanto à irregularidade temporal, advindas do conflito entre os sistemas controlados pelas massas extra-tropicais e as tropicais e equatoriais, além dos fenômenos frontológicos e do posicionamento geográfico do Estado na latitude do Trópico de Capricórnio e das suas condições altimétricas e de continentalidade.

Portanto, a base metodológica e os pressupostos teóricos desta pesquisa partem dos resultados alcançados por MONTEIRO (1973), onde apresenta proposta de classificação das feições climáticas do território paulista, dentro de células regionais e da articulação destas com as faixas zonais do clima.

Nesta classificação climática comparecem dois climas zonais, três climas regionais e nove feições climáticas distribuídas em seis regiões geográficas do Estado de São Paulo (Litoral, Vale do Paraíba, Planalto Atlântico, Mantiqueira, Depressão e Planalto Ocidental). Nesta pesquisa foi utilizado o segmento temporal de 1941 a 1993, obtidos dados de 22 estações pluviométricas, tendo como “pano de fundo” a abordagem genética e dinâmica do clima, sustentada pela classificação climática de MONTEIRO (1973) (figura 1).

As técnicas de análise utilizadas fundamentaram-se nos procedimentos estatísticos para os estudos das séries temporais no que se referem aos diversos tipos de inconstâncias principalmente na **variabilidade** e na **tendência**. Deve-se salientar que as técnicas estatísticas encontram-se descritas na literatura em Climatologia como também nos outros domínios da Geografia. Constituem-se em excelente conjunto de trabalhos referenciais para conceitos, técnicas e interpretações, as pesquisas inseridas nas obras organizadas por BERGER & LABEYRIE (1987) e por GREGORY (1988). A apresentação e a aplicação de técnicas estatísticas em séries temporais podem ser verificadas em SANTOS (1986/87). Um apanhado geral sobre os parâmetros utilizados na análise das séries temporais foi realizado por CHRISTOFOLETTI, A.L. (1992).

Assim, considerando a uniformização dos dados no período de 1941 a 1993 e a compartimentação morfológica e as unidades climáticas propostas por MONTEIRO (1973) (figura 1), utilizou-se dos seguintes postos da Rede Oficial do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE): Altinópolis (B₄-005), Orlandia (B₄-015), São João da Boa Vista (C₃-034), Pontal (C₅-024), Araçatuba (C₇-003), Campos do Jordão (D₂-001), Guaratinguetá (D₂-034), Araras (D₄-027), São Carlos (D₄-037), Botucatu (D₅-047), Marília (D₆-025), Cândido Mota (D₇-031), Presidente Prudente (D₈-003), Ubatuba (E₂-052), Paraibuna (E₂-118), Guarulhos (E₃-002), Santos (E₃-070), Boituva (E₄-046), Buri (E₅-051), Iguape (F₄-028), São Miguel Arcanjo (F₄-001) e Onde Verde (B₆-003).

Na unidade I denominada *Litoral e Planalto Atlântico Norte* será utilizada a estação de Ubatuba (E₂-052).

A unidade II denominada *Litoral e Planalto Atlântico Sul* está representada pelas estações de Iguape (F₄-028) (IIb), Santos (E₃-070) (IIa), São Miguel Arcanjo (F₄-001) (IIc), Buri (E₅-051) (IIc) e Guarulhos (E₃-002) (IId).

Na unidade III denominada *O Vale do Paraíba* serão analisados os postos de: Paraibuna (E₂-118) e Guaratinguetá (D₂-034).

Referente à unidade IV ou *A Mantiqueira* individualizada climaticamente devido ao relevo, possui participação predominante da Onda de Leste. Os postos pluviométricos a serem considerados são: São João da Boa Vista (C₃-034) e Campos do Jordão (D₂-001). A área da unidade V denominada *O Centro-Norte*, é área individualizada pelo ritmo de circulação atmosférica que se justapõe às diversificações do relevo. Os postos pluviométricos a serem considerados são: Araras (D₄-027) (Va), Altinópolis (B₄-005) (Vc), São Carlos (D₄-037) (Vb), Orlândia (B₄-015) (Vc) e Pontal (C₅-024) (Vc).

Na unidade VI denominada *A Percée do Tietê*, o entalhe do Tietê e o afluente do Piracicaba se fizeram notar pela existência de índices inferiores aos das circunvizinhas. Esta unidade está representada pelos postos de Boituva (E₄-046).

A área da unidade VII denominada *A Serra de Botucatu e a Faixa Meridiana de Transição* está representada pelo posto pluviométrico de Botucatu (D₅-047).

Na área da unidade VIII denominada *O Oeste* verifica-se que há participação mais efetiva da onda de Oeste-Noroeste. Os postos que a representam são: Marília (D₆-025), Araçatuba (C₇-003) e Onda Verde (B₆-003).

A unidade IX denominada *O Sudoeste* é representada pelos postos de Cândido Mota (D₇-031) e Presidente Prudente (D₈-003).

Por este estudo, mostrando a variabilidade das chuvas, abrangendo a série temporal de 1941 a 1993, utilizou-se de vários procedimentos. Primeiramente, utilizou-se de técnicas matemático-estatísticas, onde obteve-se o cálculo da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação. No desvio padrão, a soma dos desvios da média elevados ao quadrado é dividida pelo número total de observações, e calculada a raiz quadrada. Desta forma, quanto maior for a dispersão ou a variabilidade, maior será o desvio padrão. Para comparar a variabilidade entre diversos conjuntos de dados que têm médias diferentes, ou unidades de medidas diferentes, recomenda-se o emprego do coeficiente de variação, indicando a variação relativa. Este é obtido dividindo o desvio padrão pela média da distribuição, que é geralmente expresso em porcentagem, para facilidade de interpretação.

A medida do coeficiente de variação foi utilizada para expressar a variabilidade temporal das chuvas na série de 53 anos (1941 a 1993), para 22 postos com dados contínuos na série e representativos nas unidades climáticas da classificação climática de MONTEIRO (1973). Para a análise da tendência comparou-se a média dos primeiros vinte e seis anos da série com a dos últimos vinte e seis anos, através do cálculo das semi-médias, obtendo-se os índices que expressam o aumento ou a diminuição das chuvas. Portanto, esta técnica considera os valores da série temporal em sua sequência de registro. A série temporal observada é dividida em duas partes, considerando a igualdade da quantidade de dados sendo o primeiro período considerado sequencialmente de 1941 a 1966 e o segundo período considerado de 1968 a 1993. Desta forma, os valores obtidos servem como pontos referenciais na avaliação do aumento, declínio ou manutenção das chuvas no período de 53 anos.

Nas análises sobre a sazonalidade das chuvas procurou-se avaliar o grau de concentração da precipitação dentro de um determinado período de tempo, isto é, no período do ano. Desta forma, os valores extremos oscilam desde quando a precipitação está semelhantemente distribuída por todos os meses até quando a precipitação anual está concentrada em apenas um mês. Dentre as técnicas de sazonalidade, empregou-se o índice porcentual do semestre chuvoso, procedimento este comumente utilizado, no qual relaciona-se a concentração das chuvas no semestre considerado chuvoso frente ao total da precipitação anual, multiplicado por 100. Analisou-se desta maneira, a média do

período de 53 anos, em nível mensal e anual, assim como deu ênfase aos anos anômalos ou que fazem parte da normalidade. O semestre chuvoso foi considerado o período de outubro a março e o período seco compreendido de abril a setembro.

SANT'ANNA NETO (1995) pesquisou as chuvas no Estado de São Paulo, com em conjunto de 22 estações do Departamento de Águas e Energia (DAEE), por possuírem estações com dados contínuos desde 1941, alcançando até 1993. Para tanto, utilizou-se da reta de tendência, cuja regressão baseou-se nos mínimos quadrados.

CHRISTOFOLETTI (1995), comentando sobre mudanças ambientais e transformações paisagísticas no Brasil, analisou trabalhos que trataram das mudanças e do comportamento das chuvas no Estado de São Paulo. Nestes comentários argumenta que a técnica de regressão linear e a das semi-médias aplicadas aos dados da Bacia do Rio Piracicaba por CHRISTOFOLETTI, A.L. (1991) apresentaram resultados semelhantes.

Destas observações concluiu-se que, para possibilitar a comparação com os dados obtidos por SANT'ANNA NETO (1995), utilizar-se-á a mesma série temporal e as mesmas estações climatológicas, Contudo, aplicar-se-á a técnica das semi-médias para obter-se maior segurança, confiabilidade nos resultados e ratificação da argumentação prestada por CHRISTOFOLETTI (1995) em termos de técnicas aplicadas.

Para expressar a distribuição anual das chuvas nas 22 estações pluviométricas foram construídos gráficos e aplicadas as estatísticas descritas no Departamento de Geografia e Laboratório de Análises Meteorológicas e Climatologia Aplicada do Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA), do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - Câmpus de Rio Claro (SP). Para tanto, utilizou-se de computadores AT-486, 8 mb RAM, 100 MHz e impressora jato de tinta, colorida, HP Deskjet 850 c. Os programas utilizados foram Lotus 1-2-3 e MS-Excel 5.0.

4. Análise e Resultados

Analisando a variabilidade espacial da pluviosidade no Estado de São Paulo, MONTEIRO (1973) considera que ela se explica, em escala regional, pela influência de três fatores. De um lado e mais importante é a configuração geral da circulação atmosférica definida pelo domínio das massas tropicais (continental e marítima) e polares, perturbada pelos fenômenos frontogênicos. Deste modo, há uma tendência natural de diminuição da pluviosidade de leste para oeste e de sul para norte, pois estas correntes (de sul e de leste) são responsáveis por cerca de 80% das chuvas no estado. Esta dinâmica descrita é complementada pela altimetria e disposição das grandes unidades de relevo, que atenuam e incrementam os totais pluviais em função de sua posição a sotavento ou a barlavento em relação aos principais sistemas produtores de chuva. As serras do Mar, Paranapiacaba e Mantiqueira são exemplos marcantes desta característica, pois enquanto as faces voltadas para o sul e leste apresentam elevados totais anuais de precipitação derivados do efeito orográfico que retém a umidade, suas vertentes expostas nas direções norte e oeste sofrem significativa redução pluvial (CONTI, 1975; SANT'ANNA NETO, 1990, 1995).

Inicialmente as estatísticas da série temporal 1941/1993 para os 22 postos pluviométricos representativos das unidades pluviais mostram que a pluviosidade média ocorrida neste período foi de 1543 mm anuais, cuja amplitude pluviométrica foi de 2248 mm. A menor pluviosidade foi registrada no ano de 1944, que totalizou 681 mm,

enquanto o ano mais chuvoso aconteceu em 1947, quando a média do Estado alcançou 3462 mm.

Pode-se observar que os anos de 1947, 1957, 1965, 1976, 1982 e 1983, são anos muito chuvosos, e que os mais chuvosos guardam um intervalo de 18 anos, portanto: 1947, 1965 e 1983. Ocorrem também ciclos de episódios chuvosos menos intensos, variando entre 7 e 10 anos. Entretanto, no caso de anos secos, os mais baixos totais puderam ser verificados em 1944, 1963, 1968, 1969, 1984 e 1985, onde não se observa ciclicidade.

Referente à sazonalidade pôde-se observar que o trimestre mais chuvoso no Estado de São Paulo ocorre nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Para esta ocorrência, SANT'ANNA NETO (1995) argumenta que “a presença do oceano é, sem dúvida, o fator determinante no retardamento do início do período chuvoso, pois como a água demora mais para variar a temperatura, acaba por influenciar a atmosfera circundante e provoca o atraso de um mês no aquecimento do ar e, portanto, do auge das chuvas”.

Entretanto, referente ao período seco, as áreas que se diferenciam do restante do espaço paulista são o Litoral Central e o Médio Vale do Paranapanema, que apresentam em julho, agosto e setembro os meses mais secos. Nas demais áreas do Estado são os meses de junho, julho e agosto.

Observam-se dois períodos bem nítidos no comportamento das chuvas no Estado de São Paulo: estação chuvosa, de outubro a março, e estação seca, de abril a setembro.

A concentração das chuvas no período de outubro a março é generalizada em todo o Estado de São Paulo. Entretanto, em função da circulação atmosférica e de fatores regionais e locais observa-se que esta concentração pluvial é maior no norte diminuindo, progressivamente, em direção ao sul e zona costeira (SANT'ANNA NETO, 1995).

Em toda região norte, de São José do Rio Preto até Ribeirão Preto e Franca, no limite com o Estado de Minas Gerais, encontram-se os maiores índices de concentração pluvial no período chuvoso, pois mais de 80% das chuvas ocorrem neste período. Em contrapartida, registra-se forte e prolongada estiagem entre abril a setembro, quando menos de 20% da precipitação anual cai na região.

Na faixa oeste, desde Araçatuba a Presidente Prudente, passando pela área central em Bauru e São Carlos, até o leste do Estado, desde Campinas, Sorocaba e São Paulo até a Serra da Mantiqueira e Vale do Paraíba, o período de outubro a março recebe cerca de 70% a 80% das chuvas anuais. A estiagem é um pouco menos intensa do que na área anterior, pois cerca de 20% a 30% da precipitação ocorre neste período.

As regiões sudoeste (Ourinho, Fartura e Itapeva), Vale do Ribeira e toda a fachada Atlântica, desde Ubatuba até Cananéia, concentram cerca de 60% a 70% das chuvas entre outubro e março, sendo que, no litoral, praticamente inexistente um período marcante de estiagem, pois cerca de 40% da pluviosidade concentra-se nesta época do ano (SANT'ANNA NETO, 1995).

Os 22 postos pluviométricos utilizados nas nove unidades climáticas estão representados na tabela 1. Os resultados alcançados para estas unidades referente às estatísticas aplicadas estão representados na tabela 2.

Destas estatísticas conclui-se que:

1. No Litoral e Planalto Atlântico Norte, representado por Ubatuba, a tendência foi de diminuição das chuvas cujo índice foi de 0,85 e a variabilidade 21%.
2. No Litoral e Planalto Atlântico Sul, considerando a parte central da faixa litorânea representada por Santos, a tendência foi de diminuição das chuvas cujo índice é de 0,94, com variabilidade de 21%. Na porção Sul, representada por Iguape, a tendência

das chuvas foi de equilíbrio, cujo índice é de 1,00, com variabilidade de 19%. Na porção mais alta representando a bacia paulista (Guarulhos) a tendência das chuvas foi de ligeiro aumento, cujo índice reside em 1,02 e variabilidade de 21%. Na porção Sul interiorana desta unidade representada por São Miguel Arcanjo e Buri, a tendência mostrou-se com aumento das chuvas, cujos índices foram de 1,11 e 1,12 e variabilidade de 20% e 19%, respectivamente.

3. No Vale do Paraíba, considerando a parte mais alta, representada por Paraibuna (700 m), há tendência de redução das chuvas, inclusive apresenta o índice mais acentuado em redução (0,75), com variabilidade de 22%. Ao passo que, na parte mais baixa (600 m) observa-se que há tendência de aumento das chuvas (1,04) apresentada em Guaratinguetá, com a menor variabilidade do espaço paulista (15%).
4. Com relação à Mantiqueira, registra-se em São João da Boa Vista, em altitude de 730 m, tendência de aumento das chuvas 1,10, com variabilidade de 19%. Entretanto, em Campos do Jordão a tendência foi de diminuição, com índice de 0,95 e variabilidade 16%.
5. Referente ao Centro Norte, em sua porção Sul, as localidades de Araras e São Carlos apresentam-se com tendência ao aumento (respectivamente 1,08 e 1,02). Na porção central, representada por Altinópolis e Pontal, observa-se que a tendência é de aumento das chuvas apresentando índices de 1,17 e 1,11, respectivamente, os coeficientes de variação foram 23% e 20%. Relacionada à porção norte, representada por Orlandia há ligeira tendência de aumento das chuvas (1,02) com variabilidade 19%.
6. Referente ao “Percée” do Tietê a tendência é de aumento das chuvas cujo índice apresentado foi de 1,11, com variação de 20%.
7. Para a “Serra de Botucatu e faixa meridiana” a tendência mostrou-se igual à unidade anterior, apresentando portanto, aumento das chuvas cujo índice foi de 1,11, porém com maior variabilidade 22%.
8. Relacionada ao “Oeste”, na sua porção sul representada por Marília, a tendência das chuvas foi de aumento das chuvas, aliás, o maior índice observado em todo o Estado de São Paulo (1,20) e com variabilidade de 22%. Na sua porção central, representada por Araçatuba observa-se que a tendência também é de aumento das chuvas, cujo índice foi de (1,10) e variabilidade menor que a anterior, apresentando 17%. Na porção norte, representada por Onda Verde, a tendência das chuvas foi de equilíbrio com ligeira tendência para aumento (1,04), cuja variabilidade apresentou-se também com 17%.
9. No “Sudoeste”, considerando a parte Norte representada por Presidente Prudente observa-se que a tendência é de aumento, apresentando índice de 1,07 e variabilidade de 17%. Na porção Sul, representada por Cândido Mota, verifica-se que, também a tendência é de aumento das chuvas, apresentando índice de 1,14 e variabilidade 20%.

Desta forma a **redução** das chuvas foi observada pela estatística das semi-médias em apenas três unidades climáticas: Litoral e Planalto Atlântico Norte (Ubatuba), Vale do Paraíba (Paraibuna) e Mantiqueira (Campos do Jordão). Em **equilíbrio**, a porção central do Litoral paulista embutidos na unidade II (Litoral e Planalto Atlântico Sul) representada pela localidade de Iguape. Em **aumento** das chuvas, todo o restante do espaço paulista.

Confirma-se também a conclusão alcançada por SANT’ANNA NETO (1995) sobre as mudanças na sazonalidade das chuvas, pois tanto o trimestre mais chuvoso, quanto o mais seco, passaram a sofrer atraso de um mês, pois de novembro ou dezembro a

janeiro ou fevereiro, passou-se a dezembro ou janeiro a fevereiro ou março e de junho ou julho a agosto ou setembro.

A razão encontrada tanto para o aumento da pluviosidade, quanto para as mudanças da sazonalidade, poderão estar associada à diminuição da participação dos sistemas polares e frontais e a um aumento dos tropicais (notadamente das instabilidades do noroeste) na gênese pluvial, detectados a partir do confronto dos índices apresentados por MONTEIRO (1973), CONTI (1975) e TARIFA (1975), quando comparados com os de ZAVATINI (1983), MENARDI JÚNIOR (1992) e CHRISTOFOLETTI, A.L. (1991), apontados e citados por SANT'ANNA NETO (1995). Este afirma ainda que, "tanto a variabilidade temporal das precipitações pluviais e a alteração da sazonalidade, quanto a tendência de aumento dos totais de chuvas para o Estado de São Paulo, estejam relacionadas com os ciclos de migração do anticiclone do Atlântico Sul, que quando associados aos eventos "El Niño", provocam elevação significativa da pluviosidade no território paulista".

Conclui-se e confirma-se nesta pesquisa a afirmação de CHRISTOFOLETTI (1995) argumentado que, tanto a técnica de regressão linear como a das semi-médias aplicadas aos dados de pluviometria apresentam resultados semelhantes. Portanto, comparando os resultados alcançados na presente pesquisa com a afirmação de SANT'ANNA NETO (1995) o qual utilizou-se da reta de tendência para o estudo da pluviosidade no Estado: "Quando comparamos os valores totais anuais de chuvas e a média do período de 1971/1993 com os de segmento anterior 1941/1970, verificamos claramente o aumento da pluviosidade em praticamente todo o Estado (em torno de 10%). Também pertinente se faz na conclusão quando afirma que "a tendência de incremento da pluviosidade nas últimas décadas é a de que dos 53 anos analisados, 16 anos foram extremamente ou tendentes a chuvosos e 15 apresentaram características de pluviosidade reduzida (tendente ou extrema). Este aparente equilíbrio entretanto, se desfaz quando percebemos que de 1970 para cá, ou seja, nos últimos 24 anos, apenas 2 anos foram secos, enquanto 9 foram chuvosos e 13 normais.

TARIFA (1994) observa que "Admite-se que há mudança climática (a nível regional ou de macro-escala) quando se registra variação em um dos atributos principais do clima (temperatura, chuva) em mais de trinta anos consecutivos e denomina-se oscilação quando a anomalia ocorre em um período menor de tempo".

Desta forma, defrontando os resultados alcançados nesta pesquisa e aqueles alcançados pelos pesquisadores apontados no texto, confirma-se pela estatística das semi-médias que no período de 1941/1993, houve tendência de aumento das chuvas no estado de São Paulo, conseqüentemente está ocorrendo mudança climática que se acentuou nos últimos 27 anos de pluviometria analisada.

Através desta análise concorda-se com as colocações de TARIFA (1994) quando comenta sobre as dificuldades para a correta compreensão das variações dos atributos climáticos no tempo e no espaço. Estas dificuldades estão aliadas ao fato de que as séries de dados meteorológicos de superfície não são suficientemente longas, e apresentam falhas e inconsistências. E, por outro lado, quando as séries de dados são longas (100 a 140 anos) de temperatura e chuva, é muito difícil separar as oscilações climáticas naturais, daquelas decorrente dos processos antropogênicos.

Assim sendo, esta dificuldade também foi sentida no decorrer desta pesquisa, tanto relacionada com os dados do elemento temperatura (propostos para análise do projeto inicial de pesquisa) como às relações com os processos geomorfológicos e hidrológicos atuais e à ocupação do espaço pelo homem. As atividades humanas, principalmente

aquelas ligadas ao processo industrial e consumo de energia, bem como a concentração urbana tem interferido nas alterações climáticas, porém, estas questões devem ser consideradas de maneira integrada.

Concorda-se plenamente com a colocação de LOMBARDO (1994) na solução para esta problemática quando afirma que “envolve a necessidade da preparação mais eclética de meteorologistas e climatologistas com uma sólida formação interdisciplinar e por outro lado, uma preparação específica em climatologia de cientistas oriundos de campus das ciências humanas”.

Propõe-se ao final desta pesquisa que, sejam propagadas as análises em nível local e microclimática, dando assim suporte às particularidades das mudanças climáticas no Estado de São Paulo e em outras unidades estaduais e de forma mais abrangente no espaço brasileiro, contribuindo sobremaneira, para o entendimento das mudanças climáticas em nível global, servindo de subsídio às transformações ambientais e ao planejamento do desenvolvimento sustentável.

Referências Bibliográficas

- ALEXANDERSSON, H., HOLMGREN, B. *Climatological extremes in the mountains, physical background, geomorphological and ecological consequences*. Uppsala University, Department of Physical Geography, UNGI Rapport n° 65, 1987.
- BERGER, W.H., LABEYRIE, L.D. (org.) *Abrupt climatic change: evidence and implications*. Dordrecht: D. Reidel Publishing, 1987.
- CHANGNON, S.A. et al. *Impacts of climate change on the Great Lakes Basin*. Washington: National Climate Program Office, 1989, 210 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. A geografia física no estudo das mudanças ambientais. In: *Geografia e Meio Ambiente no Brasil*. São Paulo: Hucitec, p. 334-345, 1995.
- CHRISTOFOLETTI, A.L.H. *Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba (SP)*. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas das USP, 1991, 238 p. (Dissertação de Mestrado).
- CHRISTOFOLETTI, A.L.H. Procedimentos de Análise Utilizados no Estudo da Precipitação. *Geociências*, São Paulo, vol. 10, n° 2, 1992.
- GREGORY, S. *Recent Climatic Change*. Londres: Belhaven Press. 1988, 326 p.
- JAGER, J., FERGUSON, H.L. *Climate change: science, impacts and policy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 578 p.
- LOMBARDO, M.A. Mudanças climáticas recentes e ação antrópica. *Revista do Departamento de Geografia, F.F.L.C.H. - USP*, n° 8, p. 29-34, 1994.
- MITCHELL, J.M. Climatic Change. *Technical Note número 79*, Genebra, World Meteorological Organization, 1966.
- MONTEIRO, C.A.F. *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo*. (Estudo Geográfico sob Forma de Atlas). São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1973.
- MORNER, N.A., KARLEN, W., org. *Climatic changes on a yearly to millennial basis*. Dordrecht: Reidel Publishing, 1984.
- RAMPINO, M.R. et al. *Climate: history, periodicity and predictability*. New York: Columbia University, 1987, 588 p.
- SANT'ANNA NETO, J.L. *As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da Análise Geográfica*.

- São Paulo, F.F.L.C.H. - USP, 1995, 200 p. + Anexos (1 e 2) (Tese de Doutorado).
- SANTOS, M.J.Z. dos. Análise da variabilidade das precipitações em Rio Claro (SP) pelo método estatístico. *Revista de Geografia*, v. 5-6, p. 19-53, 1986-87.
- SANTOS, M.J.Z. dos. *Variabilidade e tendência da chuva e sua relação com a produção agrícola na região de Ribeirão Preto (SP)*. Rio Claro, IGCE - UNESP, 1992, 389 p. (Tese de Livre-Docência).
- SOLOMON, S.I., BERAN, N.M., HOGG, W. (org.) The influence of climate change and climatic variability on the hidrologic regime and water resources. Waleingford: Internacional Association Hydrological Sciences, 1987 (Publication nº 168).
- TARIFA, J.R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, F.F.L.C.H. - USP, São Paulo, nº 8, p. 15-28, 1994.

NOTAS

1. Agradeço ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

Tabela 1. Unidades e sub unidades climáticas com respectivos postos pluviométricos e informações geográficas

UNIDADE	SUB UNIDADE	MUNICÍPIO	CÓDIGO	ALTITUDE	LATITUDE	LONGITUDE
I. Litoral e Planalto Atlântico Norte	Litoral Norte	Ubatuba	E ₂ -052	5	23°26'	45°04'
II. Litoral e Planalto Atlântico Sul	Sub-unidade a	Iguape	F ₄ -028	5	24°42'	47°33'
	Sub-unidade b	Santos	E ₃ -070	3	23°59'	46°18'
	Sub-unidade c	São Miguel Arcanjo	F ₄ -001	700	24°00'	47°57'
	Sub-unidade d	Buri	E ₅ -051	588	23°48'	48°35'
III. "O Vale do Paraíba"	Sub-unidade	Guarulhos	E ₃ -002	750	23°25'	46°27'
		Paraibuna	E ₂ -118	700	23°33'	45°29'
		Guaratinguetá	D ₂ -034	600	22°50'	45°05'
IV. "A Mantiqueira"	Sub-unidade	S. João da Boa Vista	C ₃ -034	730	21°58'	46°49'
		Campos do Jordão	D ₂ -001	1720	22°44'	45°32'
V. "O Centro Norte"	Sub-unidade	Araras	D ₄ -027	650	22°21'	47°27'
		Altinópolis	B ₄ -005	740	20°50'	47°19'
		São Carlos	D ₄ -037	810	22°01'	47°54'
		Orlândia	B ₄ -015	695	20°44'	47°53'
		Pontal	C ₅ -024	515	21°02'	48°13'
VI. "Percée do Tietê"	Sub-unidade	Boituva	E ₄ -046	645	23°18'	47°40'
VII. "A Serra de Botucatu"	Sub-unidade	São Manuel	D ₅ -047	825	22°51'	48°42'
VIII. "O Oeste"	Sub-unidade	Marília	D ₆ -025	652	22°13'	49°45'
		Araçatuba	C ₇ -003	310	21°03'	50°28'

		Onda Verde	B ₆ -003	498	20°37'	49°40'
IX. "O Sudoeste"	Sub-unidade	Cândido Mota	D ₇ -031	370	22°53'	50°59'
		Presidente Prudente	D ₈ -003	475	22°67'	51°23'

Tabela 2. Valores dos coeficientes de variação das médias e das semi-médias para postos pluviométricos das unidades e sub-unidades climáticas do Estado de São Paulo no período de 1941 a 1993

UNIDADE CLIMÁTICA	CÓDIGO	MUNICÍPIO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	MÉDIA DOS 53 ANOS (mm)	SEMI-MÉDIAS		Relação 2º/1º
					1º período (mm)	2º período (mm)	
I. Litoral e Planalto Atlântico Norte	E ₂ -052	Ubatuba	21	2.225	2.382,3	2.036,4	0,85
II. Litoral e Planalto Atlântico Sul	F ₄ -028	Iguape	19	1.908	1.896,7	1.902,9	1,00
	E ₃ -070	Santos	21	2.231	2.288,5	2.154,4	0,94
	F ₄ -001	São Miguel Arcanjo	20	1.401	1.330,5	1.476,6	1,11
	E ₅ -051	Buri	19	1.234	1.165,0	1.305,5	1,12
	E ₃ -002	Guarulhos	21	1.514	1.499,7	1.529,5	1,02
III. O Vale do Paraíba	E ₂ -118	Paraibuna	22	1.629	1.839,9	1.396,3	0,75
	D ₂ -034	Guaratinguetá	15	1.433	1.397,7	1.453,5	1,04
IV. A Mantiqueira	C ₃ -034	S. João da Boa Vista	19	1.588	1.513,7	1.669,0	1,10
	D ₂ -001	Campos do Jordão	16	1.860	1.902,8	1.807,2	0,95
V. O Centro Norte	D ₄ -027	Araras	19	1.414	1.357,0	1.459,0	1,08
	B ₄ -005	Altinópolis	23	1.653	1.520,8	1.784,0	1,17
	D ₄ -037	São Carlos	19	1.468	1.452,7	1.479,6	1,02
	B ₄ -015	Orlândia	19	1.609	1.587,8	1.624,7	1,02
	C ₅ -024	Pontal	20	1.468	1.388,2	1.544,0	1,11
VI. Percée do Tietê	E ₄ -046	Boituva	20	1.206	1.146,6	1.272,3	1,11
VII. A Serra de Botucatu	D ₅ -047	São Manuel	22	1.463	1.393,7	1.540,2	1,11

VIII. O Oeste	D ₆ -025	Marília	22	1.432	1.306,7	1.563,3	1,20
	C ₇ -003	Araçatuba	17	1.253	1.194,3	1.313,5	1,10
	B ₆ -003	Onda Verde	17	1.359	1.330,0	1.382,9	1,04
IX. O Sudoeste	D ₇ -031	Cândido Mota	20	1.345	1.261,0	1.436,1	1,14
	D ₈ -003	Presidente Prudente	19	1.252	1.211,5	1.295,5	1,07