



EVOLUÇÃO DA PLUVIOSIDADE NA REGIÃO DE GUARATINGUETÁ - SÃO PAULO - BRASIL

João Ubiratan de Lima e Silva; Milton César Marques

Resumo

O presente trabalho está fundamentado em uma pesquisa com base nos dados pluviométricos coletados, possibilitando uma visão mais próxima da realidade das influências e conseqüências na Região de Guaratinguetá. Através da organização, ordenação e tratamento específico dos dados meteorológicos, a saber: a pluviosidade, e dentro de períodos considerados, mostrou-se à evolução desses. Trabalhou-se com a distribuição quantitativa da pluviosidade, tanto anual como sazonal, bem como se verificou a sua tendência.

Palavras-Chave: recursos hídricos, climatologia e pluviosidade.

Abstract

This work is based on a survey based on rainfall data collected, allowing a closer view of the reality of the influences and consequences of the Region Guaratinguetá. Through organizing, sorting and treatment of specific meteorological data, namely: rainfall, and within periods considered, was the evolution of these. Worked with the quantitative distribution of rainfall, both annually and seasonally, as well as their tendency was found.

Keywords: water resources, climate and rainfall.

1. PROPOSIÇÃO DO PROBLEMA

Segundo AYOADE (1996), nos tempos que se adentram, nota-se a evidente irregularidade no ritmo climático, demonstrado na instabilidade dos dados meteorológicos, evidenciando a pluviosidade e suas conseqüências no meio ambiente. A sucessão de anomalias meteorológicas que ocasionam, muitas vezes de modo catastrófico, as cheias e estiagens da Região de Guaratinguetá, as enchentes em áreas urbanas associadas a uma desordenada infra-estrutura, as chuvas intensas que provocam deslizamentos e os períodos secos que interferem na agricultura e na própria composição

da atmosfera, motivaram investigações nas áreas climática e/ou recursos hídricos e elaborou-se um trabalho sobre a evolução da pluviosidade na Região de Guaratinguetá.

2. A REGIÃO DE GUARATINGUETÁ

A Região de Guaratinguetá situa-se na parte oriental do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. Dista 168 Km da cidade de São Paulo e 230 Km da cidade do Rio de Janeiro. Encontra-se entre os alinhamentos orográficos mais significativos do nosso território ou sejam, as serras do Mar e da Mantiqueira, que se dispõem paralelamente à linha da costa, estando inserida no Vale do Rio Paraíba do Sul. A região fica bem próxima do Trópico de Capricórnio, situada entre os paralelos de 22 e 24 graus de latitude sul e os meridianos de 44 e 46 graus de longitude oeste. A Serra da Mantiqueira possui elevações entre 1200m e 2000m, enquanto a Serra do Mar varia de 800 a 1400m. Já o Vale do Paraíba a altitude média é de 550m.

3. OBJETIVO

Essa pesquisa tem como objetivo fornecer subsídios e/ou parâmetros para o planejamento dos aproveitamentos dos recursos hídricos, bem como o estudo climático.

4. METODOLOGIA

4.1. Organização dos dados meteorológicos coletados

A Região de Guaratinguetá é dotada de uma rede de postos pluviométricos bem distribuídos. Com a finalidade da organização dos dados coletados, seguiu-se a orientação de ZAVATINI (1990). Para o desenvolvimento do trabalho foram consultados 30 postos pluviométricos do DAEE com períodos entre os anos de 1937 a 2004, contidos no município de Guaratinguetá, bem como nos municípios vizinhos, e a estação meteorológica do Ministério da Aeronáutica. Com suas identificações, estão relacionados de acordo com a Tabela 1, alguns dos 30 postos pluviométricos selecionados.

Tabela 1- Postos Pluviométricos – Região de Guaratinguetá-SP.

| | Estação | Nome | Altitude (m) | Latitude | Longitude | Município | Zoneamento |
|---|---------|---------------------|--------------|----------|-----------|---------------|------------|
| 1 | D2-002 | Guaratinguetá | 560 | 22° 48' | 45° 10' | Guaratinguetá | Rural |
| 2 | D2-007 | Aparecida | 520 | 22° 49' | 45° 14' | Aparecida | Urbana |
| 3 | D2-033 | Guaratinguetá | 530 | 22° 48' | 45° 11' | Guaratinguetá | Urbana |
| 4 | D2-035 | Lorena | 540 | 22° 44' | 45° 05' | Lorena | Urbana |
| 5 | D2-076 | Capituba | 550 | 22° 45' | 45° 14' | Guaratinguetá | Rural |
| 6 | D2-077 | Fazenda Monte Verde | 900 | 22° 43' | 45° 21' | Guaratinguetá | Rural |

Fonte: DAEE

4.2. Distribuição Quantitativa da Pluviosidade

O tratamento estatístico aplicado às séries dos postos pluviométricos e da estação meteorológica com 68 anos de dados (1937 a 2004) para a Região de Guaratinguetá possibilitou a confecção de tabelas anuais, sazonais e mensais, contendo os valores reais de precipitação (mm) e respectivas médias. Através desse tratamento foi possível especificar os índices pluviométricos e a partir desses iniciar as comparações e correlações entre esses dados meteorológicos.

5. ANÁLISES E RESULTADOS

5.1. Pluviosidade Anual

BLAIR & FITE (1964), evidencia a distribuição da quantidade de pluviosidade, para fornecimento e tratamento do dado de precipitação, bem como a aplicação na climatologia. Considerando o período em questão entre 1937 a 2004 (68 anos), procurou-se coletar, tratar e comparar os dados com maiores disparidades. Verificou-se que entre 1937 e 1988, praticamente em todos os postos pluviométricos houve um acréscimo da pluviosidade com o passar dos anos. Entre 1988 e 2004, praticamente em todos os postos houve um decréscimo da pluviosidade.

Portanto, levando-se em consideração o período entre 1937 a 2004, teve-se 17 postos pluviométricos com decréscimo e 13 com acréscimo de pluviosidade. Na realidade o período entre 1988 e 2004 foi o responsável pelo decréscimo da pluviosidade. Uma observação importante é que os postos pluviométricos localizados na área urbana, praticamente tiveram acréscimo da pluviosidade, enquanto os postos situados na zona rural, tanto na Serra da Mantiqueira como na Serra Quebra-Cangalha, na maioria, teve decréscimo de pluviosidade. A partir dos totais anuais achou-se a Pluviosidade Média de cada um dos postos pluviométricos, dando origem a Pluviosidade Média da Região de Guaratinguetá de 1417,8 mm.

5.2. Pluviosidade Sazonal

De acordo com a Tabela 2, obtiveram-se os resultados anuais e sazonais da região em estudo. Também foram obtidas as médias sazonais, de acordo com a Tabela 3. Observou-se que as médias sazonais da área urbana são menores que as da área rural, exceto a do inverno. Notou-se que as estações verão, outono e inverno, durante o período em questão, houve um acréscimo da pluviosidade.

Tabela 2 - Pluviosidade Anuais e Sazonais (mm) - Região de Guaratinguetá (1962 a 1991)

| Estação D2-076 | | | | | | Estação D2 - 077 | | | | | |
|----------------|--------|-------|--------|---------|-----------|------------------|--------|-------|--------|---------|-----------|
| Ano | Anual | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Ano | Anual | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
| 1962 | 1561,8 | 794,1 | 69,5 | 118,3 | 579,9 | 1962 | 1587,6 | 677,1 | 35,8 | 129,0 | 745,7 |
| 1963 | 908,1 | 454,2 | 7,4 | 8,1 | 438,4 | 1963 | 882,4 | 413,4 | 42,9 | 20,0 | 406,1 |
| 1964 | 1316,1 | 661,7 | 174,8 | 112,1 | 367,5 | 1964 | 1291,7 | 679,0 | 169,4 | 81,0 | 362,3 |
| 1965 | 1593,7 | 683,1 | 181,3 | 112,2 | 617,1 | 1965 | 1867,9 | 807,3 | 215,9 | 134,0 | 710,7 |
| 1966 | 1659,2 | 694,2 | 101,5 | 129,9 | 733,6 | 1966 | 1910,1 | 914,8 | 94,1 | 117,2 | 784,0 |
| 1967 | 1433,1 | 790,1 | 70,8 | 68,6 | 503,6 | 1967 | 1893,0 | 989,2 | 148,5 | 47,9 | 707,4 |
| 1968 | 979,6 | 460,7 | 33,6 | 81,1 | 404,2 | 1968 | 1095,3 | 487,4 | 34,0 | 60,5 | 513,4 |
| 1969 | 1127,3 | 466,6 | 88,3 | 82,2 | 490,2 | 1969 | 1473,9 | 593,1 | 152,4 | 71,9 | 656,5 |
| 1970 | 1484,1 | 781,7 | 135,1 | 224,6 | 342,7 | 1970 | 1468,8 | 658,7 | 112,2 | 248,6 | 449,3 |
| 1971 | 1340,0 | 559,3 | 136,9 | 127,9 | 515,9 | 1971 | 1443,7 | 525,1 | 210,7 | 153,3 | 554,6 |
| 1972 | 1178,5 | 480,0 | 36,0 | 148,9 | 513,6 | 1972 | 1325,9 | 483,6 | 88,6 | 160,0 | 593,7 |
| 1973 | 1446,8 | 700,9 | 122,6 | 113,3 | 510,0 | 1973 | 1512,8 | 692,6 | 165,1 | 99,5 | 555,6 |
| 1974 | 1173,7 | 561,7 | 129,3 | 11,1 | 471,6 | 1974 | 1225,6 | 567,7 | 198,4 | 11,2 | 448,3 |
| 1975 | 1263,6 | 490,2 | 127,5 | 27,6 | 618,3 | 1975 | 1459,0 | 558,6 | 121,0 | 28,2 | 751,2 |
| 1976 | 1858,9 | 763,2 | 317,9 | 346,8 | 431,0 | 1976 | 1950,7 | 745,8 | 260,1 | 344,9 | 599,9 |
| 1977 | 1153,6 | 507,9 | 93,4 | 97,6 | 454,7 | 1977 | 1402,8 | 603,1 | 147,6 | 139,6 | 512,5 |
| 1978 | 1254,4 | 499,8 | 132,0 | 48,1 | 574,5 | 1978 | 1361,3 | 628,7 | 157,7 | 49,2 | 525,7 |
| 1979 | 1352,1 | 556,3 | 110,6 | 180,9 | 504,3 | 1979 | 1569,1 | 650,2 | 120,1 | 184,6 | 614,2 |
| 1980 | 1387,5 | 480,8 | 183,0 | 86,9 | 636,8 | 1980 | 1414,6 | 491,3 | 214,6 | 89,8 | 618,9 |
| 1981 | 1059,4 | 361,9 | 159,5 | 50,9 | 487,1 | 1981 | 1434,1 | 601,4 | 116,3 | 51,2 | 665,2 |
| 1982 | 1472,3 | 721,3 | 137,7 | 97,8 | 515,5 | 1982 | 1526,0 | 728,1 | 127,3 | 115,9 | 554,7 |
| 1983 | 1946,4 | 662,3 | 396,0 | 307,8 | 580,3 | 1983 | 2156,6 | 813,8 | 475,8 | 279,4 | 587,6 |
| 1984 | 945,0 | 282,2 | 208,5 | 116,1 | 338,2 | 1984 | 1074,8 | 317,5 | 256,7 | 156,4 | 344,2 |
| 1985 | 1549,2 | 866,1 | 148,9 | 128,2 | 406,0 | 1985 | 1884,6 | 967,1 | 166,2 | 90,5 | 660,8 |
| 1986 | 1565,9 | 691,0 | 140,8 | 242,7 | 491,4 | 1986 | 1677,0 | 826,9 | 141,9 | 158,8 | 549,4 |
| 1987 | 1702,6 | 458,9 | 558,4 | 137,2 | 554,1 | 1987 | 1412,5 | 496,6 | 407,6 | 91,8 | 416,5 |
| 1988 | 1690,7 | 837,6 | 288,9 | 38,7 | 525,5 | 1988 | 1367,8 | 581,4 | 270,8 | 52,0 | 463,6 |
| 1989 | 1417,4 | 690,2 | 152,1 | 180,3 | 394,8 | 1989 | 1407,3 | 699,9 | 174,8 | 148,2 | 384,4 |
| 1990 | 1468,1 | 755,8 | 159,4 | 219,0 | 333,9 | 1990 | 1255,9 | 394,2 | 176,2 | 203,0 | 482,5 |
| 1991 | 1781,8 | 756,5 | 173,9 | 88,5 | 762,9 | 1991 | 1753,4 | 998,2 | 199,3 | 107,3 | 448,6 |

Fonte: DAEE

Na estação da primavera houve um decréscimo da pluviosidade. A estação do outono foi a que mais teve acréscimo de pluviosidade.

Tabela 3 – Médias Sazonais (mm) - Região de Guaratinguetá (1962 a 1991)

| Verão | Outono | Inverno | Primavera |
|-------|--------|---------|-----------|
| 634,4 | 166,3 | 122,5 | 529,45 |

Fonte: DAEE

Tabela 4 - Anos Chuvosos, Medianos e Secos
Região de Guaratinguetá –SP (1937 a 2004)

5.3. Anos-Padrões

Segundo TAVARES (1976), a utilização dos “anos-padrões” possibilita a compreensão e caracterização dos dados quantitativos da pluviosidade e assim tem-se o representativo do período em questão, através da análise dos padrões normais e das possíveis diversificações que ocorrem na circulação atmosférica e que refletem nos tipos de tempo dos anos secos e chuvosos. De acordo com a Tabela 4 nota-se que nos últimos trinta anos (1974 a 2004), houve um aumento tanto dos anos secos como dos anos chuvosos, e, assim, diminuindo a frequência dos anos tidos como normais nesse período. Verificaram-se maiores anomalias com o passar dos anos. Levando-se em consideração a média da pluviosidade encontrada para a Região de Guaratinguetá, que é de 1417,8 mm e considerando o Desvio Padrão de 300,0 mm, tem-se o intervalo entre 1717,8mm a 1117,8mm. Portanto, os anos com pluviosidade anuais entre o intervalo de 1717,8 mm e 1117,8 mm são considerados “anos-padrões” normais; com pluviosidade acima de 1717,8 mm são considerados “anos-padrões” chuvosos e com pluviosidade abaixo de 1117,8 mm são considerados “anos-padrões” secos.

5.4. Classificação Climatológica

Os maiores índices pluviométricos ocorrem nas altitudes maiores da Serra da Mantiqueira, ficando entre 1700 e 1600 mm anuais médios. Na Serra Quebra-Cancalha os valores caem um pouco, ficando entre 1400 e 1500 mm anuais médios. Já em áreas com altitudes menores, principalmente ao longo do Rio Paraíba do Sul (propriamente o Vale em si), ficando entre 1200 e 1300 mm anuais médios.

As tabelas de 5 a 9 (dados do Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo-DAEE) mostram as distribuições anual e sazonal, bem como a respectiva classificação climatológica, segundo BLAIR e FITE (1964).

| Anos | Anos |
|--------------------------------------|------|
| 1937 | 1971 |
| 1938 | 1972 |
| 1939 | 1973 |
| 1940 | 1974 |
| 1941 | 1975 |
| 1942 | 1976 |
| 1943 | 1977 |
| 1944 | 1978 |
| 1945 | 1979 |
| 1946 | 1980 |
| 1947 | 1981 |
| 1948 | 1982 |
| 1949 | 1983 |
| 1950 | 1984 |
| 1951 | 1985 |
| 1952 | 1986 |
| 1953 | 1987 |
| 1954 | 1988 |
| 1955 | 1989 |
| 1956 | 1990 |
| 1957 | 1991 |
| 1958 | 1992 |
| 1959 | 1993 |
| 1960 | 1994 |
| 1961 | 1995 |
| 1962 | 1996 |
| 1963 | 1997 |
| 1964 | 1998 |
| 1965 | 1999 |
| 1966 | 2000 |
| 1967 | 2001 |
| 1968 | 2002 |
| 1969 | 2003 |
| 1970 | 2004 |
| DP = desvio padrão = 300,0mm | |
| Média+DP= 1717,8 mm Anos Chuvosos | |
| Média= 1417,8 mm Anos Medianos | |
| Média-DP= 1117,8 mm Anos Secos | |

Fonte: DAEE

Tabela 5 - Distribuição Anual da Pluviosidade e Classificação Climatológica - Região de Guaratinguetá-SP

| Região de Guaratinguetá | % de área | Área | Classificação Climatológica |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Inferior a 250 | 0 | ----- | árida |
| 250 a 500 | 0 | ----- | semi-árida |
| 500 a 1000 | 0 | ----- | sub-úmida |
| 1000 a 1500 | 60 | Vale do Paraíba | úmida |
| 1500 a 2000 | 35 | SW Litoral e Serra da Mantiqueira | muito úmida |
| Superior a 2000 | 5 | NE Litoral | excessivamente úmida |

Tabela 6 - Distribuição da Pluviosidade (Verão) e Classificação Climatológica- Região de Guaratinguetá-SP

| Pluviosidade Sazonal Média (mm) | % de área | Área | Classificação Climatológica |
|---------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Inferior a 50 | 0 | ----- | árida |
| 50 a 150 | 0 | ----- | semi-árida |
| 150 a 250 | 0 | ----- | sub-úmida |
| 250 a 350 | 0 | Vale do Paraíba | úmida |
| 350 a 500 | 20 | SW Litoral e Serra da Mantiqueira | muito úmida |
| Superior a 500 | 80 | NE Litoral | excessivamente úmida |

Tabela 7 - Distribuição da Pluviosidade (Outono) e Classificação Climatológica - Região de Guaratinguetá-SP

| Pluviosidade Sazonal Média (mm) | % de área | Área | Classificação Climatológica |
|---------------------------------|-----------|--|-----------------------------|
| Inferior a 50 | 0 | ----- | árida |
| 50 a 150 | 5 | SW Vale do Paraíba | semi-árida |
| 150 a 250 | 75 | Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira | sub-úmida |
| 250 a 350 | 15 | SW Litoral | úmida |
| 350 a 500 | 5 | NE Litoral | muito úmida |
| Superior a 500 | 0 | ----- | excessivamente úmida |

Tabela 8 - Distribuição da Pluviosidade (Inverno) e Classificação Climatológica - Região de Guaratinguetá-SP

| Pluviosidade Sazonal Média (mm) | % de área | Área | Classificação Climatológica |
|---------------------------------|-----------|----------------------|-----------------------------|
| Inferior a 50 | 0 | ----- | árida |
| 50 a 150 | 60 | Vale do Paraíba | semi-árida |
| 150 a 250 | 25 | Serra da Mantiqueira | sub-úmida |
| 250 a 350 | 10 | SW Litoral | úmida |
| 350 a 500 | 5 | NE Litoral | muito úmida |
| Superior a 500 | 0 | ----- | excessivamente úmida |

Tabela 9 - Distribuição da Pluviosidade (Primavera) e Classificação Climatológica -Região de Guaratinguetá-SP

| Pluviosidade Sazonal Média (mm) | % de área | Área | Classificação Climatológica |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------|
| Inferior a 50 | 0 | ----- | árida |
| 50 a 150 | 0 | ----- | semi-árida |
| 150 a 250 | 0 | ----- | sub-úmida |
| 250 a 350 | 5 | Sw Vale do Paraíba | úmida |
| 350 a 500 | 55 | Vale do Paraíba | muito úmida |
| Superior a 500 | 40 | Serra da Mantiqueira e Litoral | excessivamente úmida |

Fonte: DAEE

5.5. Tendências da Pluviosidade

Na mesma linha que SANT'ANNA NETO (1997), no estudo da distribuição quantitativa da pluviosidade foram obtidas as “retas de tendência” dos 30 postos selecionados nessa pesquisa, no período considerado (1937 a 2004). Nos 12 postos pluviométricos selecionados obtiveram-se as “retas de tendência” com acréscimo da pluviosidade, sendo, na maioria, localizados em áreas urbanas e de altitudes menores em relação aos demais postos. Nos outros 18 postos pluviométricos obtiveram-se as “retas de tendência” com decréscimo da pluviosidade, ou seja, na maioria, em áreas com altitudes maiores e localizadas na zona rural (Serra da Mantiqueira e Serra Quebra-Cascalha).

5.6. Pluviosidade Máxima Diária

Obteve-se a distribuição mensal das maiores chuvas diárias de cada posto pluviométrico e respectivo mês entre os anos de 1937 a 2004. Notou-se que a incidência é maior nos meses de março e dezembro, seguidos por janeiro e fevereiro. Dos 30 postos pluviométricos selecionados teve-se chuvas com máximas diárias acima de 100,0 mm no mês de março, 19 vezes; em dezembro, 19 vezes; em janeiro, 16 vezes; em fevereiro, 16 vezes; em novembro, 10 vezes; em outubro, 6 vezes; em abril, 3 vezes; em maio, junho e setembro, 1 vez, e em agosto nenhuma vez. Portanto das Máximas Diárias de cada ano dos 30 postos selecionados, teve-se 92 vezes “Máximas Diárias” com chuvas acima de 100,00 mm. A maior precipitação máxima diária foi de 214,3 mm no mês de janeiro.

6. COMENTÁRIOS CONCLUSIVOS

Evidências científicas sobre a possibilidade de mudança de clima em nível mundial vêm despertando um interesse crescente no público e na comunidade científica em geral.

Por isso, os dados de pluviosidade aqui reunidos e comentados, possibilitaram uma melhor compreensão dos principais atributos pluviais da região de Guaratinguetá. Com isso, obtiveram-se subsídios e/ou parâmetros que poderão servir no gerenciamento hídrico, bem como para o estudo climático da região. Com relação aos “Anos-padrões” (seco, chuvoso ou normal), notou-se que a partir do ano de 1976 até 2004 as anomalias (anos secos e/ou chuvosos) ficaram mais numerosos, em relação aos anos anteriores (1937 a 1976).

O relevo da região em estudo tem características como influenciador da distribuição da pluviosidade, funcionando como orientador dessa distribuição. Obteve-se nessa pesquisa índices médios de pluviosidade maiores que a 30 anos atrás. Percebe-se que o progresso para aprimoramento dos dados de pluviosidade, que são as bases desse trabalho, foi extremamente

significativo, pois a boa qualidade e quantidade expressiva dos dados constituem o alicerce dessa pesquisa.

A década de 1990 a 2000 na região em estudo teve a sua pluviosidade média reduzida. No período em consideração (1937 a 2004), verificou-se que a pluviosidade média não teve muita alteração significativa, salvo na década citada. Como consequência desta pluviosidade, observou-se que a vazão do Rio Paraíba do Sul, ao contrário, vem desde 1920, segundo o INPE (2008), apresentando tendências hidrológicas nas vazões e cotas negativas, que não são consistentes com uma redução ou aumento de chuva na bacia em questão. Assim, é possível que as variações observadas na hidrologia do Rio Paraíba do Sul sejam provocadas pelo gerenciamento regional da água e causas relacionadas à atividade humana.

Portanto, o intuito desse trabalho em fornecer subsídios e/ou parâmetros para o gerenciamento de aproveitamento de recursos hídricos, bem como colaborar com o estudo climatológico, foi baseado na evolução dos dados de pluviosidades aqui reunidos e comentados.

7. REFERÊNCIAS

- AYOADE, J.O. *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. São Paulo: Editora Bertrand Brasil, 1996. 332p.
- BLAIR, A. THOMAS, FITE, ROBERT C. *Meteorologia*. 5. ed. Rio de Janeiro: Centro de Publicações Técnicas da Aliança, 1964. 406p.
- LANDIM, P.M.B., *Análise Estatística de variáveis Regionalizadas*. Rio Claro, SP; UNESP, 1993. 116p.
- SANT'ANNA NETO, J.L. *Mudanças Climáticas no Estado de São Paulo*. São Paulo: Indicadores Ambientais, 1997, V.1, p.39-50.
- TAVARES, A.C. *Critérios de Escolha de Anos-Padrão*. São Paulo: Geografia Teorética, 1976, V.1, p.79-87.
- ZAVATINI, J.A. *Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul*. São Paulo, 1990. Tese (Doutorado em Geografia-Climatologia).