

VARIABILIDADE E TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ANUAL E MENSAL DO MUNICÍPIO DE BEBEDOURO (SP), NO PERÍODO DE 1983 A 2003

Adriana Rosa Bieras, Doutoranda
em Geografia - IGCE/UNESP, Rio Claro,
arbieras@rc.unesp.br
Maria Juraci Zani dos Santos, Depto.
de Geografia – IGCE/UNESP,
Rio Claro, juraci@rc.unesp.br

Resumo

Visando contribuir com os estudos sobre mudanças climáticas de curto prazo em escala local, analisou-se a variabilidade e a tendência da precipitação pluviométrica anual e mensal, no município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003. Para tanto, utilizou-se dos cálculos de desvio padrão e do coeficiente de variação na análise da variabilidade, e da regressão linear baseada no método dos mínimos quadrados na análise da tendência. Os resultados mostraram uma nítida redução nos valores desta variável durante a segunda metade da série temporal (1993 a 2003) em relação à primeira (1983 a 1992), sendo esta redução verificada tanto para os totais anuais quanto em nível mensal. A variabilidade da chuva apresentou-se bastante significativa, tanto em nível anual quanto para todos os meses do ano, com os maiores valores ocorrendo durante o inverno. Assim, pode-se verificar que o inverno é o período do ano em que se observa maior variação no comportamento da precipitação pluviométrica, no município de Bebedouro.
Palavras-chave: clima, variabilidade climática, tendência climática, precipitação pluviométrica.

Abstract

Searching contribute with the studies about climatic change of short term, in local scale, was analysed the variability and tendency of the annual and monthly rainfall, in Bebedouro (SP) borough, in years between 1983 – 2003. In this way, were used the calculation of gauge deviation and coefficient of variation in the analyses of variability, and to tendency was used the calculation of the linear return based in minimum square method. The results showed a clear reduction in the values during the second half of the period analysed (1993 – 2003) beside at first (1983 – 1992), as for annual values as for monthly values. The variability of rainfall showed ample meaning, as in annual scale as for all the months, with the more height values during the winter. Thus, the winter is the period of most variation in the behaviour of the rainfall, in the Bebedouro (SP) borough.
Key words: climate, climatic variability, climatic tendency, rainfall.

Introdução

As mudanças climáticas representam um tema de grande relevância à nível mundial, sendo alvo de preocupação e discussão tanto por parte do meio científico-acadêmico, quanto de

organizações ambientais e da sociedade, em decorrência de todas as implicações de âmbito econômico, social e ambiental que elas desencadeiam.

O clima é considerado como o elemento condicionador da dinâmica do meio ambiente, pois exerce influência direta tanto nos processos de ordem física quanto biológica, assim como na sociedade de modo geral, constituindo-se, portanto, em um recurso essencial para a vida e para as atividades humanas (CHRISTOFOLETTI, 1993).

Tal preocupação à cerca das mudanças climáticas deve-se ao fato comprovado de que, desde meados do século passado, o clima do planeta vem apresentando uma maior e mais acentuada variação em seu comportamento desde o último episódio glacial, estando esta variação atrelada à crescente concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, colocando em discussão a participação do homem, através de suas atividades econômicas, como agente acelerador das mudanças climáticas de curto prazo.

A respeito dos mecanismos causadores de mudanças no clima, Conti (1993; 2000), Lombardo (1994) e Tavares (2001) salientam que os fatores responsáveis são, em sua maioria, os de ordem natural relacionados a parâmetros orbitais da Terra, a taxa de rotação, a intensidade de radiação solar e a interação entre atmosfera-oceano, sendo que a importância e magnitude dessas causas variam com a escala de tempo, não podendo atribuir à um único fator a responsabilidade pela mudança, pois os sistemas climáticos envolvem interações complexas entre atmosfera-criosfera-oceanos-superfície terrestre, sendo difícil prever com exatidão tais causas. Porém, devem-se considerar também as causas de natureza antrópica, impulsionadas pela intensa transformação ambiental que a Terra vem sofrendo, sendo o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio, os principais protagonistas vinculados às mudanças climáticas atuais.

Neste sentido, o último relatório publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2001) afirma que existem novas e fortes evidências que a maior parte do aquecimento global observado nos últimos 50 anos é atribuída à atividade humana. Estudos publicados no relatório registraram aumento de 0,6°C na temperatura da Terra durante o século XX, sendo a década de 1990 a mais quente desde meados do século XIX; registrando também um aumento gradativo na concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (TAVARES, 2001).

Assim, a importância em se conhecer a variabilidade dos elementos climáticos a nível regional e local é destacada por Bessat (2003), Nunes (2003), Paciornik (2003) como uma forma de contribuir para sua compreensão em nível global.

A variabilidade temporal e espacial da temperatura e da precipitação pluviométrica em diferentes localidades do Estado de São Paulo já foi estudada por Christofolletti (1991), Sant'Anna Neto (1995), Santos (1996), Galina (2002), Roncato (2002) entre outros, onde constataram que a tendência global de aumento da temperatura também foi verificada no espaço paulista, desde a metade do século passado; o mesmo sendo observado em relação à precipitação pluviométrica.

Desta forma, visando contribuir com os estudos sobre mudanças climáticas de curto prazo em escala local, procurou-se estudar a variabilidade e a tendência da precipitação pluviométrica anual e mensal, no município de Bebedouro (SP) durante os anos de 1983 a 2003, a fim de caracterizar seu comportamento hídrico, haja vista ser este município de base econômica essencialmente agrícola, e encontrar-se inserido na região considerada a mais seca do Estado, segundo Monteiro (1973).

Material e Técnicas Empregados

A fim de atender aos objetivos propostos, foram utilizadas médias mensais de precipitação pluviométrica referentes ao período de 1983-2003, fornecidas pela Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (localizada sob as coordenadas geográficas 20°58' Latitude S, 48°28' Longitude W a 600m de Altitude), perfazendo a série temporal mais longa disponível. O programa Excel/97 possibilitou a organização dos dados em tabelas e gráficos representativos de comportamento anual e mensal da variável climática considerada.

A análise da variabilidade foi realizada através dos cálculos do desvio padrão e do coeficiente de variação os quais representam, de acordo com Christofolletti (1992) e Santos (1996), os procedimentos mais utilizados e adequados para expressar a variação dos valores de um elemento dentro de um determinado período de tempo.

Para a análise da tendência, a qual busca verificar manutenção, aumento ou diminuição nos valores dentro de uma seqüência temporal, aplicou-se a técnica da regressão linear baseada no método dos mínimos quadrados, a qual consiste no ajuste de uma reta a um conjunto de pontos. Tal procedimento foi utilizado por Christofolletti (1992), Sentelhas et al (1994), Galina (2002), Maia (2003), entre outros.

Resultados Alcançados

Localizado na região nordeste do Estado, o município de Bebedouro encontra-se sob o domínio do sistema de circulação atmosférica regional marcado pela atuação das massas Tropical Atlântica, Equatorial Continental e Polar Atlântica, caracterizando o tipo de clima da região, considerada a mais seca do Estado.

De acordo com a classificação climática de Monteiro (1973) para o Estado de São Paulo, baseada no índice de participação das massas de ar, Bebedouro insere-se na chamada unidade "*Centro-Norte*" que, devido à sua diversificação geomorfológica, encontra-se dividida em três sub-regiões, estando este localizado na subdivisão C, conforme mostra a *Figura 1*.

A característica principal desta região climática é a existência de um período seco muito nítido durante o outono-inverno, onde são registrados habitualmente cerca de 100 a 200mm de chuva, concentrados em apenas 10 a 15 dias, sendo que no trimestre do inverno os índices são inferiores a 50mm, concentrados em apenas 5 dias (MONTEIRO, 1973). Tal comportamento deve-se ao fato de que a atuação da Frente Polar, responsável pela maior parte das chuvas caídas no Estado de São Paulo, decresce de S para N no sentido dos paralelos, culminando neste setor do Estado. Aliado a isto, está a maior atuação, neste período do ano, da massa Polar Atlântica, que apresenta características fria e seca.

O período da primavera-verão é marcado pela atuação da massa Tropical Atlântica, oriunda do leste e nordeste do Estado, de característica quente e úmida, e da massa Equatorial Continental oriunda de ondas de noroeste, marcada pela instabilidade do ar, proporcionando tempo quente e chuvas freqüentes durante sua atuação. Dessa maneira, este período do ano é marcado por temperaturas elevadas e por cerca de 70 a 80% das chuvas caídas na região.

Segundo a classificação de Koppen, o município de Bebedouro enquadra-se no tipo climático **Aw** – *tropical chuvoso com estação chuvosa no verão*. Pela classificação de Thornthwaite (1948) esta apresenta clima do tipo **B1A'**- *úmido mesotérmico, com índice de umidade entre 20-40 e eficiência térmica (obtida através da evapotranspiração) entre 114cm – acima*.

Com relação ao comportamento anual da precipitação pluviométrica, durante a série temporal analisada (1983-2003) a média dos totais anuais foi de 1.536,4mm, sendo o ano de 1983 o mais chuvoso (2.106,5mm) e 1994, o que registrou a menor precipitação da série (1.146,9mm). Foi calculado desvio padrão de 274,1mm e coeficiente de variação de 17,5%, conforme demonstrado na *Tabela 1*, que apresenta também os cálculos da variabilidade a nível mensal. Observando a distribuição dos valores da precipitação durante o período estudado (*Figura 2*), verifica-se que a segunda metade da série (1993-2003) apresentou uma nítida redução nos valores em relação à primeira metade, com a reta de tendência apontando para uma diminuição de 517,8mm.

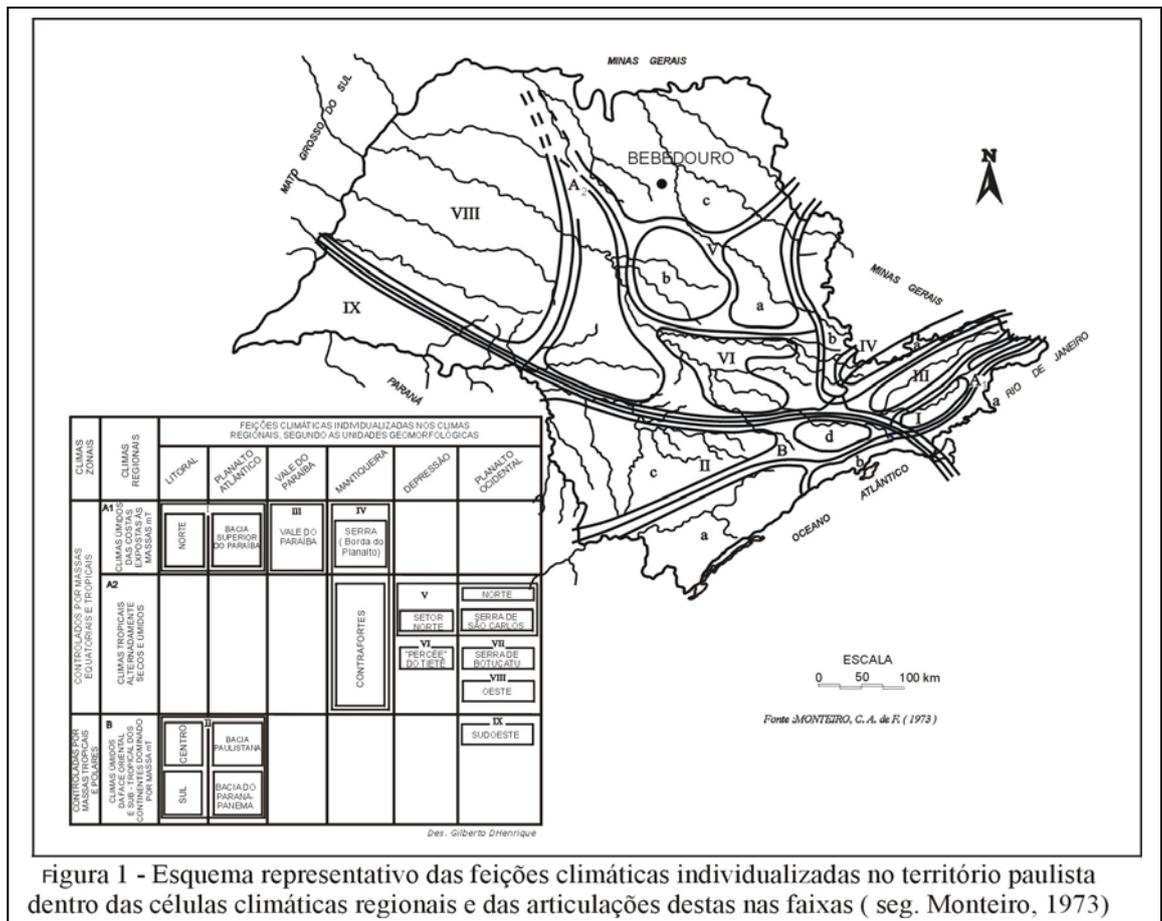


figura 1 - Esquema representativo das feições climáticas individualizadas no território paulista dentro das células climáticas regionais e das articulações destas nas faixas (seg. Monteiro, 1973)

Desenho: Gilberto D. Henrique

Tabela 1 – Valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação da precipitação pluviométrica anual e mensal, do município de Bebedouro (SP), para os anos de 1983 a 2003

Anual / mensal	Média (mm)	Desvio padrão (mm)	C.V. (%)
Jan	305,1	115,9	38
Fev	243,8	109,7	44
Mar	187,8	71,4	38
Abr	85,4	76,4	87
Mai	67,2	43,9	65
Jun	19,7	34,8	176
Jul	18,6	20,8	111
Ago	44,2	39,7	125
Set	64,1	49,8	77
Out	120,1	56,4	46
Nov	185,5	75,7	40
Dez	234,2	78,1	33
Anual	1.536,4	274,1	17,5

Organização: Adriana R. Bieras

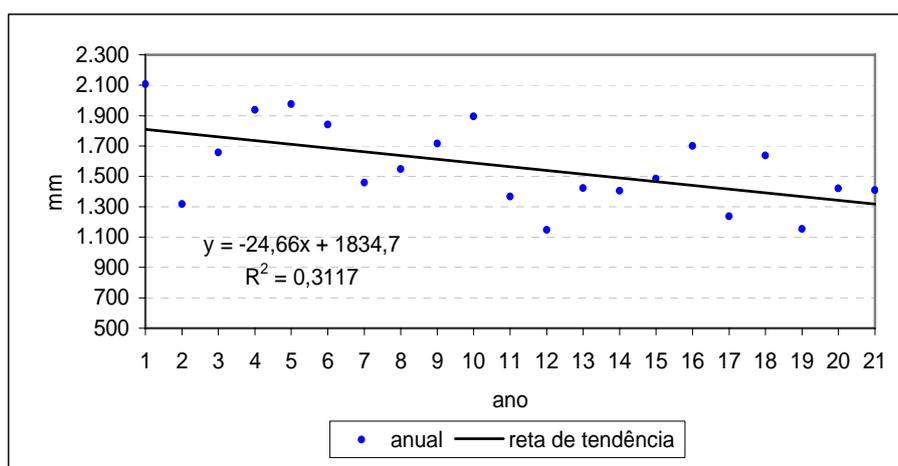


Figura 2 – Tendência da precipitação pluviométrica anual do município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003

Serão apresentados a seguir, a variabilidade e a tendência da precipitação pluviométrica para cada mês do ano.

Para o mês de *janeiro* a média dos totais foi de 305,1mm, com o ano de 1985 apresentando o total mais elevado (517,0mm) e 2001 registrando a menor precipitação do mês (106,8mm). Em relação à variabilidade deste elemento climático, verificou-se desvio padrão de 115,9mm e coeficiente de variação de 38%. Pela distribuição dos totais mensais ao longo da série (*Figura 3a*) observa-se que estes se apresentaram relativamente bem distribuídos, destacando-se os quatro primeiros anos de série, nos quais os valores foram mais elevados em relação aos anos subsequentes; podendo-se observar também, uma diminuição nos totais deste mês durante o período, sendo este decréscimo da ordem de 122,1mm conforme mostra a reta de tendência.

No mês de *fevereiro* a precipitação pluviométrica média registrada foi de 243,8mm, sendo o ano de 1988, o que apresentou o maior total (423,0mm) e 1984 o menos elevado (86,5mm). Foi verificado desvio padrão de 109,7mm e coeficiente de variação de 44%. Pela *Figura 3b* pode-se observar que a segunda metade da série (1994-2003) apresentou totais mensais mais baixos em relação à da primeira, com a reta de tendência apontando para uma diminuição de 77,9mm na precipitação deste mês, durante o período analisado.

Em relação ao mês de *março*, a precipitação média para a série foi de 187,8mm, com o ano de 1986 registrando o total mais elevado (347mm) e o ano de 2001 o mais baixo (81,4mm). Conforme observado na *Figura 3c*, o comportamento das médias ao longo da série é marcado por uma diminuição nos valores da segunda metade da série em relação à primeira, com a reta de tendência registrando um decréscimo de 38,4mm durante o período estudado. Quanto à variabilidade, foi verificado desvio padrão de 71,4mm e coeficiente de variação de 38%.

Considerando o mês de *abril*, para a série temporal estudada a precipitação pluviométrica média foi de 85,4mm, com o ano de 1988 registrando o total mais elevado (304,8mm) e 2002 o mais baixo (0,7mm). O desvio padrão registrado foi de 76,4mm e o coeficiente de variação de 87%. Pela *Figura 4a* pode-se notar uma redução nos valores da precipitação em relação aos meses anteriores, marcando assim o início da estação seca no município, com um decréscimo nos totais a partir do ano de 1993; com a reta de tendência apontando uma diminuição de 97,6mm durante a série estudada.

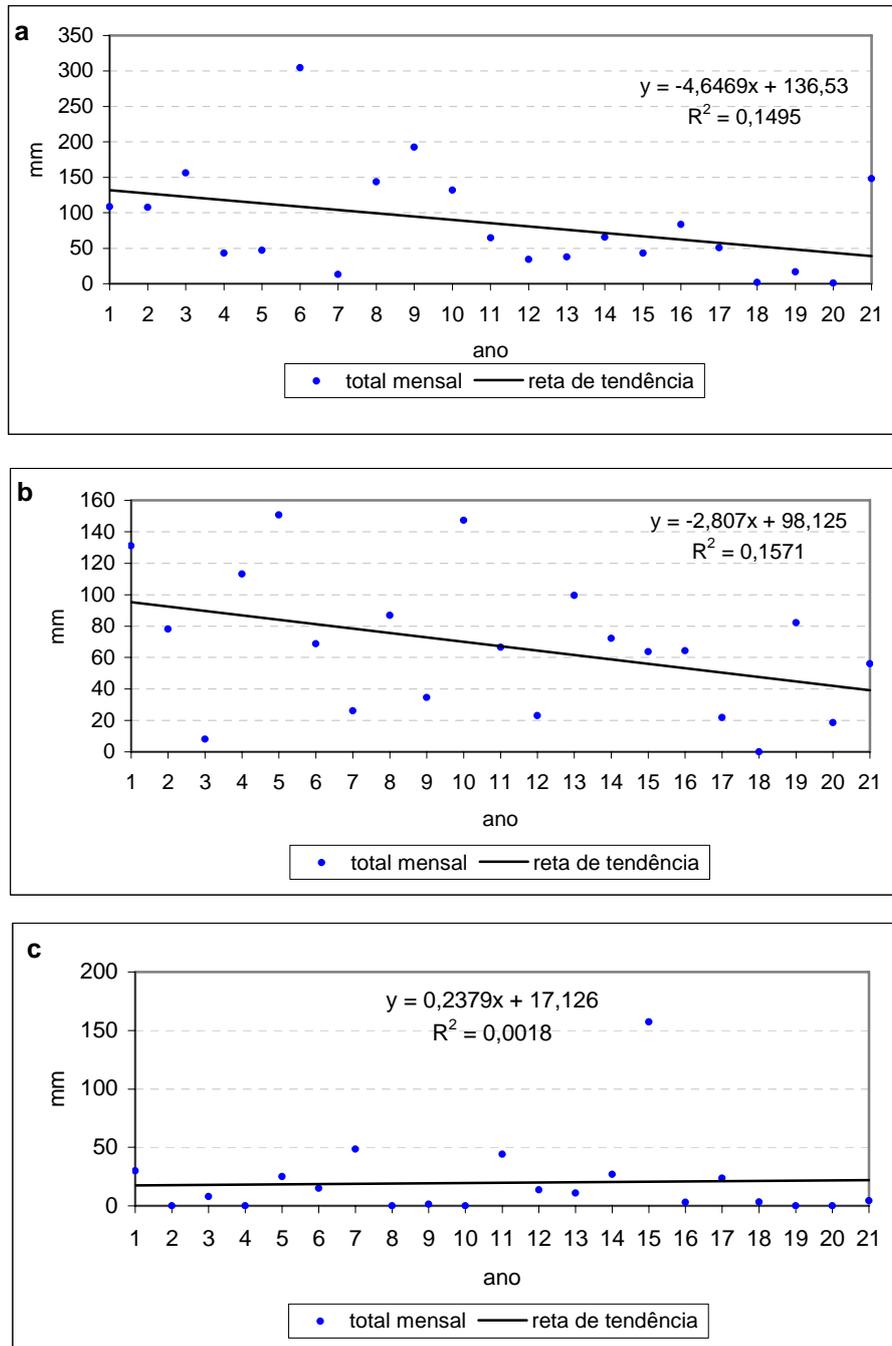


Figura 3 – Tendência da precipitação pluviométrica dos meses de janeiro (a), fevereiro (b) e março (c), no município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003.

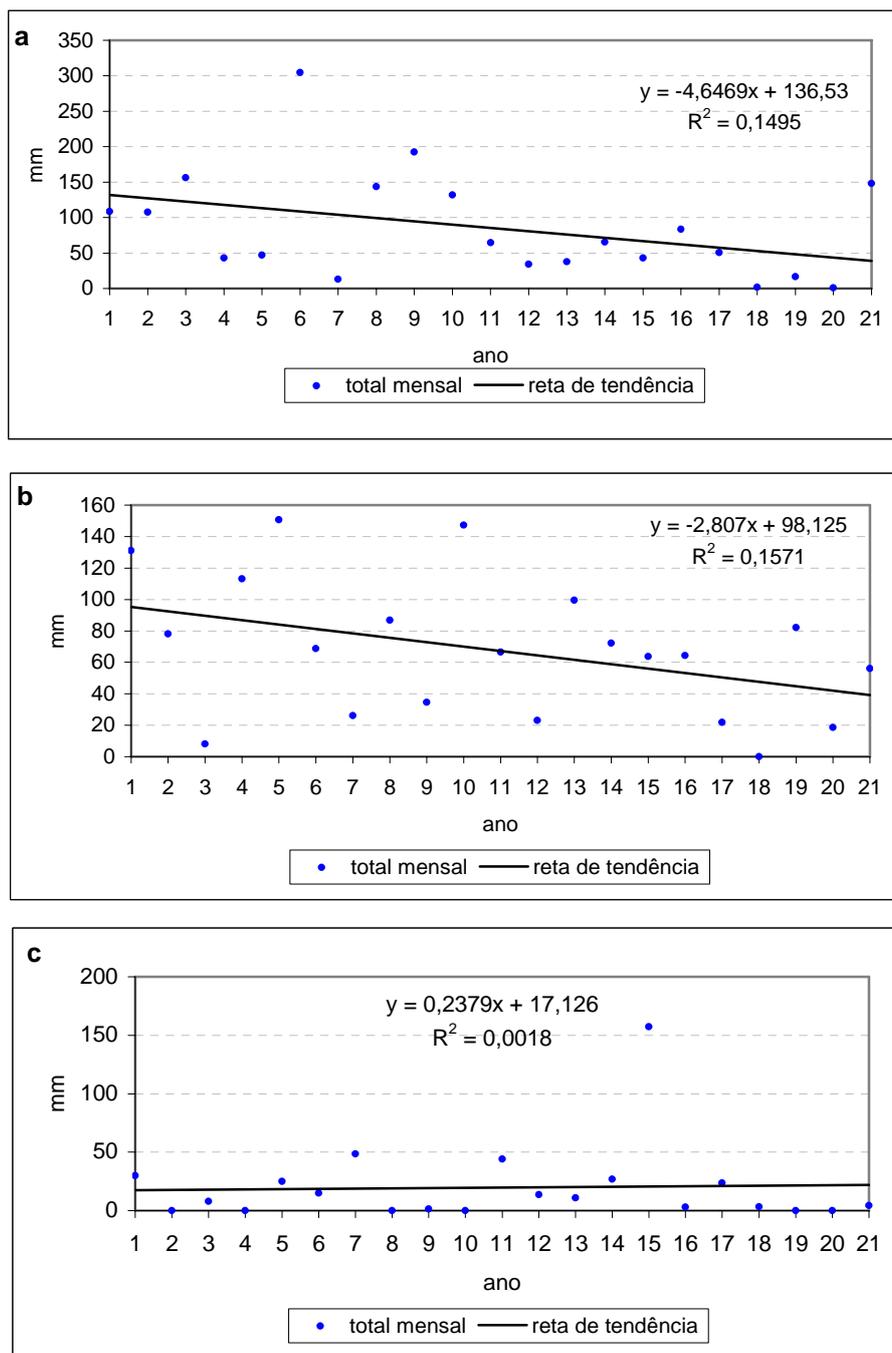


Figura 4 – Tendência da precipitação pluviométrica dos meses de abril (a), maio (b) e junho (c), no município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003.

Para o mês de *maio* a média mensal registrada foi de 67,2mm, com o ano de 1987 registrando o total mais elevado (150,6mm) e ausência de precipitação no ano 2000. O desvio padrão calculado foi de 43,9mm e o coeficiente de variação de 65%. O comportamento dos valores ao longo da série é semelhante ao observado nos meses anteriores, sendo que a reta de tendência apontou para um decréscimo de 58,9mm na precipitação ao longo do período em questão (*Figura 4b*).

Com relação ao comportamento anual da precipitação de *junho* (*Figura 4c*), verifica-se que este é o mês onde ocorreram os menores totais pluviométricos, com a ocorrência de seis anos com ausência de precipitação (1984, 1986, 1990, 1992, 2001 e 2002). A média mensal registrada para a série foi de 19,7mm, e o ano com maior total pluviométrico foi 1997 (157,2mm). O desvio padrão calculado foi de 34,8mm e coeficiente de variação de 176%, representando valores elevados devido, justamente, à alta precipitação registrada no ano de 1997, considerada como atípica para este mês. Verifica-se um aumento nos totais durante os anos de 1997 a 2001, também sendo influenciado pela precipitação do ano de 1997, com a reta de tendência apontando para um pequeno aumento de 5mm, podendo ser considerado que houve manutenção nos valores mensais durante o período analisado.

Alta variabilidade também pode ser verificada para o mês de *julho*, apresentando desvio padrão de 20,8mm e coeficiente de variação de 111%. A precipitação pluviométrica média para o período foi de 18,6mm, com o ano de 1986 registrando o total mais elevado (64mm) e precipitação nula nos anos de 1984, 1988, 1993, 1996 e 1999. Pela distribuição dos totais ao longo do período observa-se que, na segunda metade da série são registrados valores mais baixos em relação à primeira, sendo verificado uma diminuição nos totais, a qual acentua-se a partir do ano de 1997, registrando para este mês um decréscimo de 23,2mm durante o período analisado, conforme mostra a *Figura 5a*.

Para o mês de *agosto*, a média foi de 44,2mm, com o ano de 1990 registrando o total mais elevado (132,2mm) e precipitação nula nos anos de 1983, 1985, 1988, 1991, 1994, 1995, 1997 e 1999, sendo o mês que apresenta a maior ocorrência de anos com ausência de precipitação. Conforme a *Figura 5b*, a distribuição dos totais anuais mostra-se bastante variável, com alternância entre totais elevados e ausência de precipitação, sendo verificado desvio padrão de 39,7mm e coeficiente de variação de 125%; porém a reta de tendência registra um pequeno aumento de 4,6mm na precipitação, podendo ser observada a ocorrência de manutenção nos valores deste mês durante a série estudada.

Com relação ao mês de *setembro*, a média da precipitação foi de 64,1mm, com 1983 apresentando o total mais elevado (201,0mm) e ausência em 1994. Através da *Figura 5c* pode-se notar que os totais pluviométricos apresentam-se bem distribuídos ao longo da série. Porém, a reta de tendência aponta um decréscimo de 30,5mm. Quanto à variabilidade, verificou-se um desvio padrão de 49,8mm e coeficiente de variação de 77%.

Comportamento semelhante é observado para o mês de *outubro*, com os totais apresentando-se bem distribuídos ao longo da série. Entretanto, a reta de tendência apontando um decréscimo de 39,3mm na precipitação deste mês (*Figura 6a*). A média para a série foi de 120,1mm, com o ano de 1983 registrando o total mais elevado (262,5mm) e 2000 o mais baixo (9,0mm), sendo calculado desvio padrão de 56,4mm e coeficiente de variação de 46%.

O mês de *novembro* apresentou precipitação média de 185,5mm, com o ano de 2000 registrando o total mais elevado (307,7mm) e 1995 o mais baixo (55,7mm), sendo verificado desvio padrão de 75,7mm e coeficiente de variação de 40%. Os totais apresentam-se bem distribuídos ao longo da série, chamando a atenção o triênio 1993-1994-1995, marcado por uma redução nos totais em relação aos anos anteriores e posteriores, com a reta de tendência apontando para uma pequena diminuição de 8,6mm ao longo da série, o que pode ser considerado como manutenção nos valores da precipitação deste mês (*Figura 6b*).

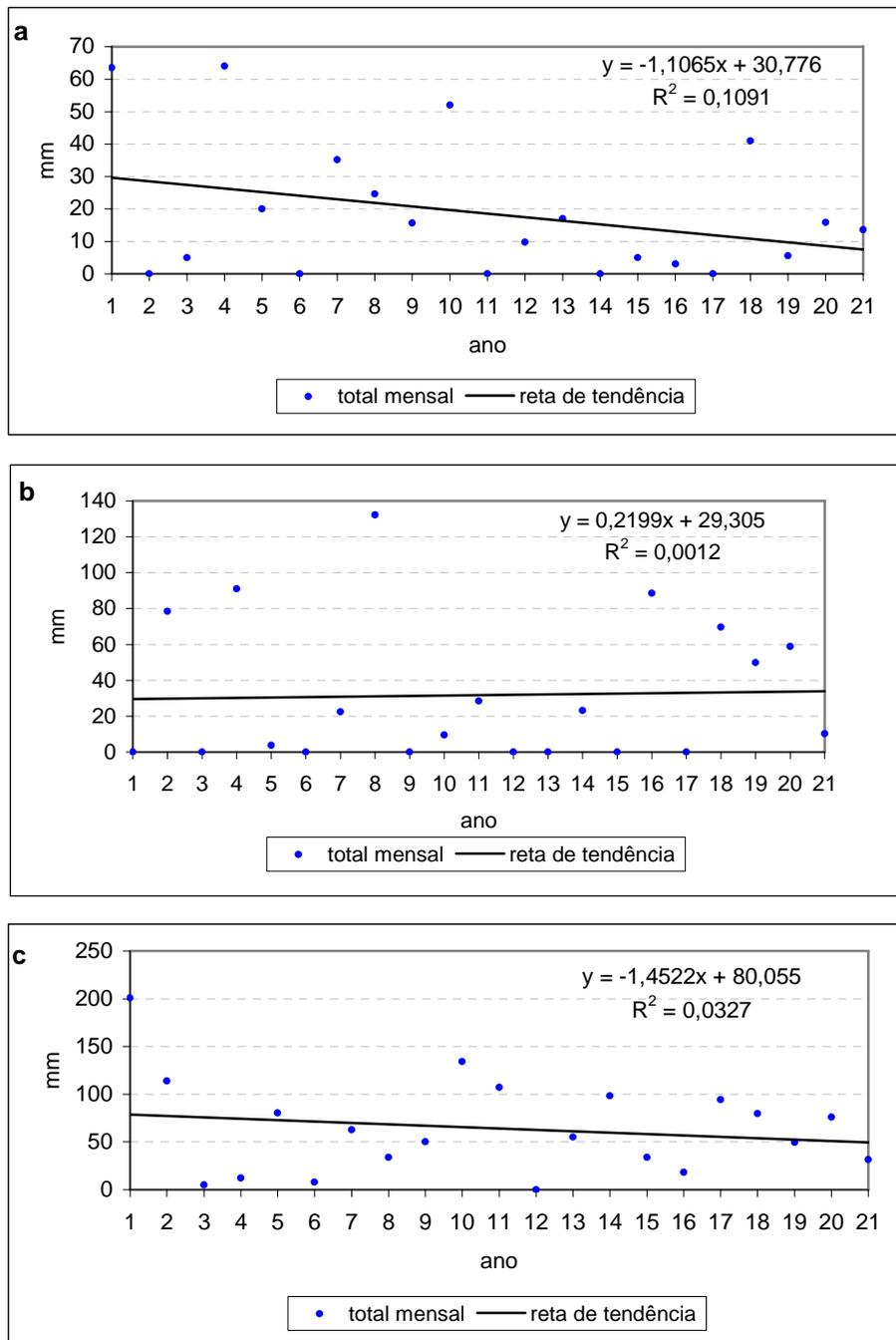


Figura 5 – Tendência da precipitação pluviométrica dos meses de julho (a), agosto (b) e setembro (c), no município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003.

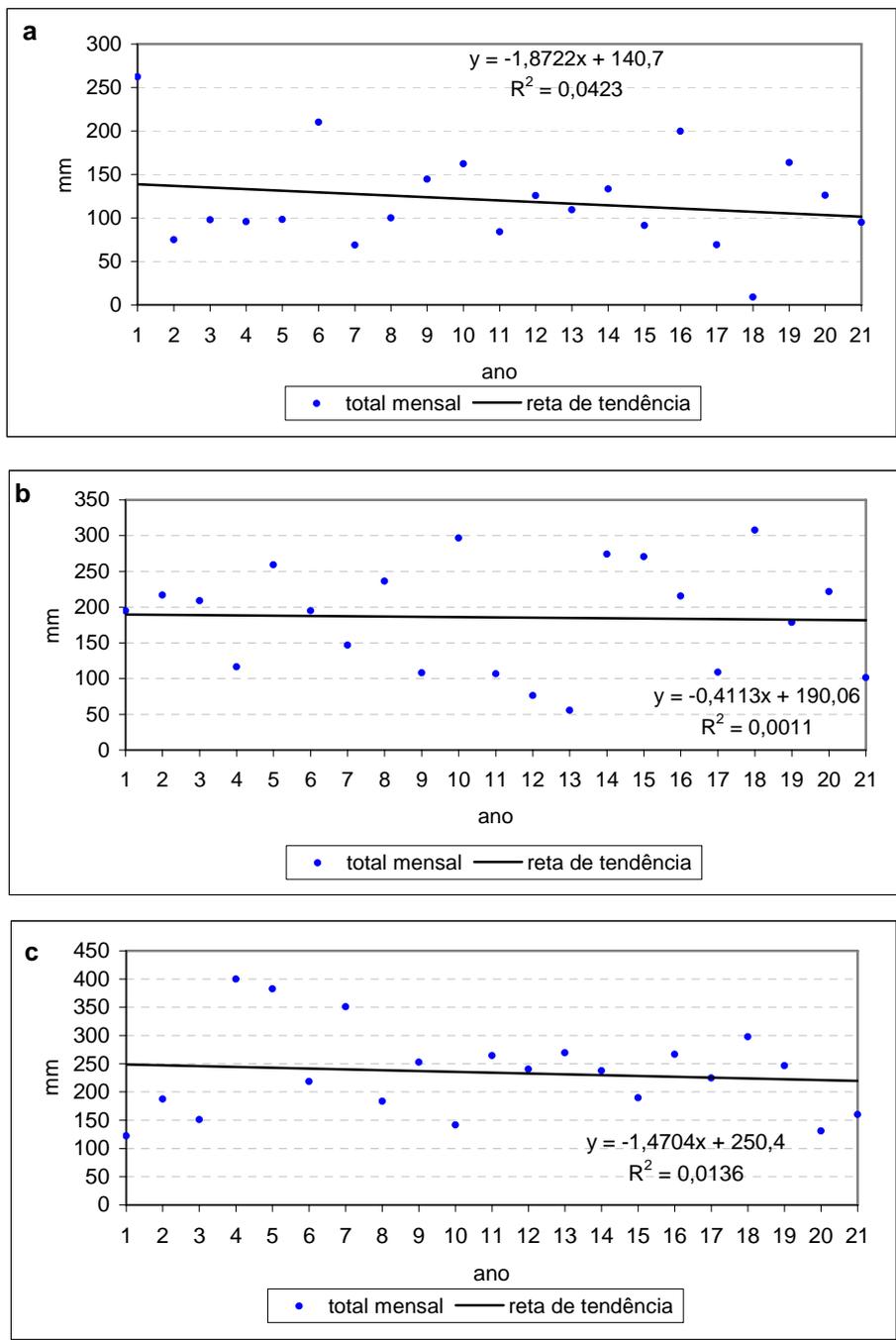


Figura 6 – Tendência da precipitação pluviométrica dos meses de outubro (a), novembro (b) e dezembro (c), no município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003.

Por último, o mês de *dezembro* apresentou média pluviométrica de 234,2mm, sendo o total mais alto registrado no ano de 1986 (400,0mm) e o menos elevado no ano de 1983 (122,0mm). Observou-se desvio padrão de 78,1mm e coeficiente de variação de 33%. Através da *Figura 6c* pode-se notar que os maiores valores ocorreram nos anos de 1986, 1987 e 1989, sendo que a segunda metade da série apresentou uma melhor distribuição dos totais. Pela reta de tendência verificou-se um decréscimo de 30,9mm na precipitação deste mês para o período analisado.

Considerações Finais

No que diz respeito à temática *mudança climática*, sabe-se que ao longo da história o clima sempre apresentou variabilidade, mas a velocidade com que esta vem se processando se acentuou no decorrer do último século. Apesar de todos os avanços nos estudos sobre este tema, ainda não se distinguem com certeza quais as suas causas e a real significância da ação antrópica em sua atenuação. Porém, a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera vem aumentando gradativamente, e o aquecimento global é uma realidade cujas conseqüências já estão sendo sentidas nos diferentes sistemas naturais e sócio-econômicos. Desta forma, faz-se necessário o conhecimento de como estas mudanças vem ocorrendo em escala regional e local, a fim de contribuir para a compreensão do fenômeno em escala global.

Com relação à tendência da precipitação pluviométrica no município paulista de Bebedouro, verificou-se uma nítida redução nos valores desta variável na segunda metade da série em relação à primeira, sendo esta redução verificada tanto para os totais anuais quanto em nível mensal. Quanto à variabilidade da chuva, esta se apresentou bastante significativa tanto em nível anual quanto para todos os meses do ano, com os maiores valores ocorrendo durante o inverno. Sendo assim, o inverno representa o período do ano em que se observou maior variação no comportamento da precipitação pluviométrica.

Tendência de diminuição da precipitação também foi verificada por Galina (2002) para o município de Ribeirão Preto que, assim como Bebedouro, localiza-se na região nordeste do Estado de São Paulo. Isto é preocupação, haja vista que estes municípios localizam-se numa região tipicamente agrícola. Como a agricultura é extremamente dependente das condições climáticas, principalmente da variável hídrica, a diminuição nos totais pluviométricos acarretará implicações negativas à produtividade agrícola, sendo um fato importante a ser considerado no que diz respeito ao planejamento da agricultura nesta região do Estado.

Referências Bibliográficas:

BESSAT, F. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra Livre**. São Paulo. Ano 19, vol. 1, n. 20, p.11-26, jan/jul. 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. Implicações climáticas relacionadas com as mudanças climáticas globais. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, vol. 23, n. 45-46, p. 18-31, 1993.

CHRISTOFOLETTI, A.L.H. **Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba (SP)**. 1991. Dissertação (Mestrado em Geografia) FFLCH – USP. São Paulo.

CHRISTOFOLETTI, A.L.H. Procedimentos de análise utilizados no estudo da precipitação. **Geociências**. São Paulo, vol. 11, n. 1, p. 75-98, 1992.

CONTI, J.B. Considerações sobre mudanças climáticas globais e regionais. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, v. 23, n. 45-46, p. 31-33, 1993.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais e regionais. In: SANT'ANNA NETO, J.L. e ZAVATINI, J.A. (org.) **Variabilidade e mudanças climáticas**. Maringá: Eduem, 2000.

GALINA, M.H. **Mudanças climáticas de curto prazo: tendência dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP) para o período de 1969-2001**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) IGCE – UNESP. Rio Claro.

LOMBARDO, M.A. Mudanças climáticas recentes e ação antrópica. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. São Paulo, vol. 8, p. 29-34, 1994.

MAIA, D.C. **Variabilidade climática e a produtividade do milho em espaços paulistas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia) IGCE – UNESP. Rio Claro.

MONTEIRO, C.A. de F. **Dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo** (estudo geográfico sob a forma de Atlas). São Paulo: Instituto de Geografia – USP, 1973.

NUNES, L.H. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. **Terra Livre**. São Paulo, ano 19, vol. 1, n. 20, p. 101-110, jan/jul 2003.

PACIORNIK, N. Mudança global do clima: repercussões globais, regionais e locais. **Terra Livre**. São Paulo, ano 19, vol. 1, n. 20, p. 127-135, jan/jul 2003.

RONCATO, R.A. **Variabilidade e tendência climática na região de Campinas (SP) e sua relação com o uso do solo**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) IGCE/UNESP. Rio Claro.

SANT'ANNA NETO, J.L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência na perspectiva da análise geográfica**. 1995. Tese (Doutorado em Geografia) FFLCH – USP. São Paulo.

SANTOS, M.J.Z. Mudanças climáticas no Estado de São Paulo. **Geografia**. Rio Claro, vol. 21, n. 2, p. 111-171, 1996.

SENTELHAS, P.C. et al. **Um século de desmatamento: efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas – SP**. Santa Maria, Revista Brasileira de Agrometeorologia, vol. 2, p. 99-103, 1994.

TAVARES, A C. **Variabilidade e Mudança Climática**. 2001. Tese (Livre Docência em Geografia) IGCE – UNESP. Rio Claro.