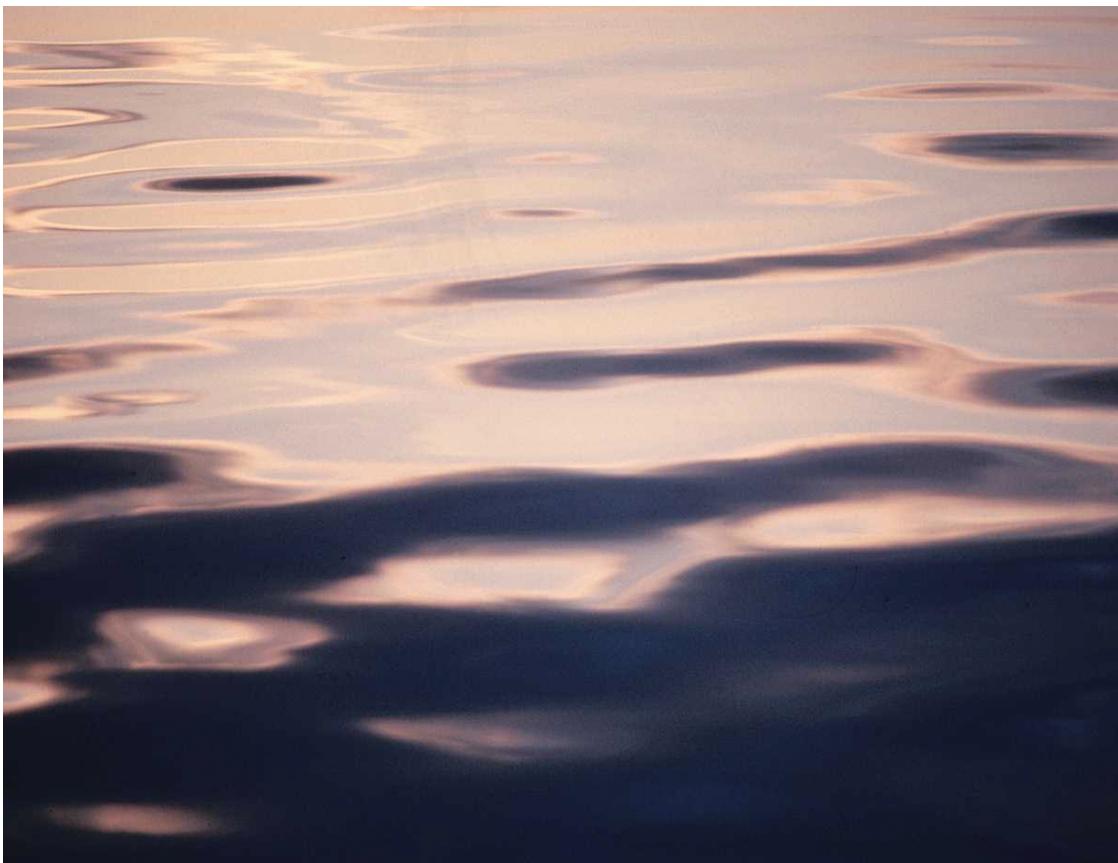


Novembro, 2001

4

ISSN 1677-9274

Estudo da Periodicidade Temporal de Chuvas em uma Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo/Grande – Uma Proposta



República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakasu
Dante Daniel Giacomelli Scolari
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores-Executivos

Embrapa Informática Agropecuária

José Gilberto Jardine
Chefe-Geral

Tércia Zavaglia Torres
Chefe-Adjunto de Administração

Kleber Xavier Sampaio de Souza
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Álvaro Seixas Neto
Supervisor da Área de Comunicação e Negócios



Novembro, 2001

*E*mpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
*E*mbrapa Informática Agropecuária
*M*inistério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 4

ISSN 1677-9274

Estudo da Periodicidade Temporal de Chuvas em uma Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo/Grande – Uma Proposta

Sidney Rosa Vieira
José Ruy Porto de Carvalho

Campinas, SP
2001

Embrapa Informática Agropecuária
Área de Comunicação e Negócios (ACN)
Av. Dr. André Tosello s/nº
Cidade Universitária "Zeferino Vaz" – Barão Geraldo
Caixa Postal 6041
13083-970 – Campinas, SP
Telefone/Fax: (19) 3789-5743
URL: <http://www.cnptia.embrapa.br>
Email: sac@cnptia.embrapa.br

Comitê de Publicações

Amarindo Fausto Soares
Francisco Xavier Hemerly (Presidente)
Ivanilde Dispato
José Ruy Porto de Carvalho
Marcia Izabel Fugisawa Souza
Suzilei Almeida Carneiro

Suplentes

Fábio Cesar da Silva
João Francisco Gonçalves Antunes
Luciana Alvin Santos Romani
Maria Angélica de Andrade Leite
Moacir Pedroso Júnior

Supervisor editorial: *Ivanilde Dispato*

Normalização bibliográfica: *Marcia Izabel Fugisawa Souza*

Capa: *Intermídia Publicações Científicas*

Editoração eletrônica: *Intermídia Publicações Científicas*

1ª edição

Todos os direitos reservados

Vieira, Sidney Rosa.

Estudo da periodicidade temporal de chuvas em bacia hidrográfica dos Rios Turvo / Grande – uma proposta / Sidney Rosa Vieira e José Ruy Porto de Carvalho. — Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2001.

17 p. : — (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária ; 4)

ISSN 1677-9274

1. Geoestatística. 2. Chuvas. 3. Variação Temporal. 4. Bacia hidrográfica. 5. Rio Turvo, SP. 6. Rio Grande, SP. I. Carvalho, José Ruy Porto de. I. Título. II. Série.

551.015195 (21. ed.)
CDD – 551.021 (21. ed.)
551.0727 (21. Ed.)

Autores

Sidney Rosa Vieira

Eng. Agr., Ph.D., Pesquisador do Instituto Agronômico, Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Caixa Postal 28 – 13001-970 – Campinas, SP.
e-mail sidney@cec.iac.br

José Ruy Porto de Carvalho

Eng.Agr., Ph.D. em Estatística Aplicada, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo - 13083-970 - Campinas, SP.
e-mail jruy@cnpria.embrapa.br

Apresentação

Este documento reflete o esforço de pesquisa e o compromisso da Chefia da Embrapa Informática Agropecuária, que ao tomar posse em 2000, definiu como prioridade de seu mandato, incentivar e aprimorar a área de Modelagem e Simulação dentro do Núcleo de Computação Científica, visando obter conhecimento através de experimentos de menor custo, promover o uso de método científico na tomada de decisões e fornecer ferramentas dinâmicas e quantitativas que analise a complexidade dos sistemas agrícolas.

Seu objetivo, baseado nas conclusões dos modelos matemáticos, é o de determinar a variação temporal e espacial das chuvas e também a periodicidade de ocorrência de perdas do solo, possibilitando um planejamento adequado das ações no ambiente agrícola e urbano na região da Estação Experimental de Agronomia de Pindorama do Instituto Agronômico.

José Gilberto Jardine
Chefe-Geral

Sumário

Revisão de Literatura	9
Objetivos	13
Material e Métodos	13
Referências Bibliográficas	16

Estudo da Periodicidade Temporal de Chuvas em uma Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo/Grande – Uma Proposta

Sidney Rosa Vieira

José Ruy Porto de Carvalho

Revisão de Literatura

A distribuição das chuvas durante o ano no Estado de São Paulo é, segundo Vieira & Lombardi Neto (1995), caracterizada por uma estação chuvosa de outubro a março, e uma estação seca de abril a setembro. O preparo do solo para o plantio das culturas de verão, entre setembro e outubro, deixa a superfície do solo sem proteção contra as chuvas, tendo como consequência altas perdas de solo. Entretanto, a distribuição geográfica das chuvas e seu potencial de erosão em áreas em um raio pequeno não são bem estudadas.

Segundo Godoy et al. (1961), a análise das quantidades de chuvas caídas em Campinas no período de 1890 a 1956 mostra, para o período estudado, que a incidência de chuvas, em cada mês, é um fenômeno puramente casual, sem nenhuma tendência secular. Não se sabe, porém, se esta condição pode ser estendida para a região de Pindorama, onde a má distribuição das chuvas pode ser limitante para o zoneamento de culturas e para a conservação do solo.

Vieira et al. (1989) citaram as regiões onde existem grandes extensões de argisólos, entre as quais pode-se incluir Pindorama, e recebem chuvas com energias e intensidades maiores do que o solo pode suportar, provocando perdas de solo.

Lepsch & Valadares (1976) em estudo detalhado da Estação Experimental de Pindorama (E. E. A. Pindorama) concluíram que os argisólos que lá ocorrem são altamente susceptíveis à erosão.

Bertoni & Lombardi Neto (1990) consideraram toleráveis perdas de solos da ordem de 3 a 8 t/ha ano para argisólos semelhantes aos da E.E.A. Pindorama.

A necessidade do conhecimento de características da distribuição de chuva no Estado de São Paulo é, evidentemente, importante para quase todas as ciências ambientais. Qualquer obra de engenharia que envolva movimentação de terra deve ser planejada com base em valores extremos de quantidade de chuva, para garantir segurança suficiente para as pessoas diretamente dependentes destas obras. Isso se torna particularmente importante no planejamento de barragens, obras para controle de enchentes, obras de drenagem, estradas e, principalmente, obras destinadas ao controle mecânico de erosão. Por exemplo, o dimensionamento de terraços deve levar em conta o valor da chuva diária máxima provável no cálculo do volume de água que será armazenado no canal do terraço, a fim de evitar a destruição de obras de alto custo, conforme Vieira et al. (1991). Neste mesmo trabalho, concluiu-se que a variabilidade espacial das chuvas diárias máximas no Estado independe do período de retorno e que uma grande área com chuvas de alta intensidade ocorre sobre as regiões de Presidente Prudente, Araçatuba e São José do Rio Preto, onde se localizam solos bastante suscetíveis à erosão. Portanto, é recomendável um estudo da ocorrência, freqüência e intensidade da precipitação na região de Pindorama para melhor execução das obras que se fizerem necessárias, já que se tem um grande número de dados diários das chuvas, o que possibilita o estudo de séries históricas.

Pereira Filho (2001) atribuiu o paradoxo das enchentes e do racionamento de água vivido na Região Metropolitana de São Paulo à má distribuição espacial de chuvas. O autor explica que analisando o radar meteorológico que estima o total de chuvas para a bacia do Alto Tietê, conclui-se que as chuvas concentram-se sobre as ilhas de calor da região metropolitana e não nas cabeceiras dos reservatórios de água da grande São Paulo, gerando falta de água nos reservatórios e enchentes na cidade.

Monteiro (1973) analisou a variabilidade e tendências das chuvas no Estado de São Paulo. Em seu trabalho, identificou nove unidades climáticas, sendo

que a região de Pindorama, denominada Oeste, está sob maior atuação das massas equatoriais e tropicais e é caracterizado por clima tropical com períodos secos e úmidos, sendo que o Estado de São Paulo, recebe grande quantidade de chuva variando de 1.100 a 2.000 mm durante o ano.

Sant'anna Neto (1995), utilizando dados de 1971 a 1993, estudou a variação espacial das chuvas no Estado de São Paulo, identificando três grandes conjuntos de dados pluviométricos, estando a região de Pindorama inserida no terceiro conjunto, que apresentou pluviosidade média anual entre 1.100 e 1.500 mm. Dentro do período chuvoso, que se estende de outubro a março, o trimestre mais chuvoso ocorre, na região Oeste, no período de dezembro, janeiro e fevereiro, concentrando mais de 80% das chuvas e, o trimestre mais seco, de junho a agosto, como ocorre na maior parte do Estado.

Considerando a classificação climática de Monteiro (1973), Sant'anna Neto (1995) apresentou uma carta síntese da variação temporal - espacial das chuvas, onde foram detectadas pequenas variações espaciais das chuvas, dadas em função da altimetria, da latitude e de fatores locais, como fundos de vale e espigões, ou seja, devido basicamente à topografia. O autor utilizou uma área muito extensa, o que condiciona uma comparação entre áreas diferentes.

Analisando a variação temporal das chuvas na região Oeste do Estado de São Paulo, Sant'anna Neto (1995) também observou que em 23 anos (1971-1993), nove anos se mostraram dentro do padrão normal (1.423 a 1.628 mm), nove apresentaram-se chuvosos (superior a 1.730), incluindo os de tendência a chuvoso (superior a 1.628 mm) e outros cinco anos apresentaram-se secos (inferior a 1.320 mm), incluindo também os de tendência a seco (inferior a 1.423 mm).

Ao comparar o comportamento das chuvas em três períodos distintos (1901-1940, 1941-1970 e 1970-1993), Sant'anna Neto (1995) observou que houve um aumento de 10% para o último período e que a maior concentração de chuvas ocorre na primavera-verão.

Os fenômenos *El niño* e *La niña* atuam sobre o regime pluviométrico da América do Sul, modificando a distribuição temporal e espacial de chuvas (IICA, 2001). Alves et al. (1997) citam os anos em que os fenômenos

atuaram e também as implicações na distribuição espacial e temporal das chuvas, porém existem outros dados contraditórios sobre o assunto que precisam ser melhor estudados.

Segundo Camargo (1993), a utilização de modelos probabilísticos adequados possibilita precisão matemática, permitindo estudos mais consistentes de séries históricas de dados, podendo-se estimar os níveis de risco de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas e de geadas, em diferentes períodos do ano. Trabalhando-se com dados de temperaturas mínimas absolutas referentes a uma série de cinqüenta anos para a região de Campinas, Arruda et al. (1981) definiram e testaram, para os meses de junho e julho, os modelos de distribuição de valores extremos e distribuição normal e concluíram serem ambos recomendados no estabelecimento das probabilidades para aqueles meses do ano. Tais modelos probabilísticos foram também avaliados por Silva et al. (1986) para Lavras (MG), em série histórica de 69 anos de dados diários de temperatura mínima para os meses de abril a setembro. A distribuição de valores extremos apresentou melhor ajustamento aos dados observados, levando-se em consideração que, no referido trabalho, foram analisadas todas as temperaturas mínimas diárias e não as mínimas absolutas mensais.

Em estudo realizado por Camargo et al. (1994), para ocorrência de rajadas máximas de vento, a avaliação da freqüência do fenômeno pôde ser feita mediante escalas contendo probabilidades de tal ocorrência.

Para se analisar a distribuição de ocorrências no tempo, uma das maneiras mais eficientes é através da análise de Fourier (Jenkins & Watt, 1968) ou da análise da densidade espectral (Davis, 1973), que permitem identificar se há periodicidade nos dados, ou seja, se os fenômenos ligados à chuva ocorrem em intervalos de tempos regulares, ou de maneira inteiramente casual no decorrer do tempo.

Libardi et al. (1986) analisaram a variabilidade espacial de densidade de partículas ao longo de uma transeção através da densidade espectral calculada usando a transformada de Fourier da função autocorrelação, de acordo com Jenkins & Watt (1968). Embora os dados apresentassem uma periodicidade evidente mostrada pelos gráficos das variáveis em função do tempo, os autores concluíram que aparentemente havia uma concentração de variância entre as freqüências 0 e $0,0134\text{ m}^{-1}$, para a qual não tiveram uma explicação.

Vieira et al. (1987) utilizaram-se da análise de Fourier para analisar o relacionamento espacial entre a parte aérea de *Crotalaria juncea* e resíduos de adubação, concluindo que o fósforo residual era o responsável pela periodicidade encontrada na altura das plantas.

Para o estudo das precipitações ocorridas na E.E.A. Pindorama serão utilizadas as análise por ambos os métodos (autocorrelação e séries harmônicas), para identificação da periodicidade de ocorrência do fenômeno chuva no tempo e no espaço, e comparados os resultados.

Objetivos

O presente trabalho desenvolverá os seguintes temas:

- Estudo da distribuição temporal das chuvas, determinando a frequência com que ocorrem veranicos e chuvas maiores que um limite especificado, e suas durações médias.
- Avaliação do ciclo de ocorrência das chuvas dentro do ano, ou seja, o ciclo segue alguma tendência ou ocorre ao acaso.
- Avaliação de possíveis associações entre a distribuição temporal e espacial das chuvas e os fenômenos *La niña*, *El niño* e Dipolo do Atlântico.

Assim, o presente trabalho objetiva a determinação da periodicidade da ocorrência de chuvas e veranicos em uma pequena área, sobre a influência de fenômenos climáticos ou não.

Material e Métodos

A E.E.A. Pindorama, do Instituto Agronômico, tem área de 532,8ha, em faixa alongada com cerca de cinco quilômetros de comprimento e um quilômetro de largura, cuja sede está situada nas coordenadas 48°55'W e 21°13'S. A altitude varia de 498 a 594 m, sendo que o relevo apresenta-se ondulado nas partes de maior altitude e suave ondulado nas altitudes menores. De acordo com o mapa geológico do Instituto Geográfico e

Geológico (1963), a E.E.A. Pindorama situa-se na região mapeada como Grupo Bauru, de idade cretácea e composto predominantemente de arenitos, sendo solos podzólicos e com alta susceptibilidade à erosão (Lepsch & Valadares, 1976). Segundo classificação de Köppen (Libardi et al., 1986), o clima é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, sendo a precipitação média de 1.258 mm.

Serão utilizados os dados de um pluviômetro, localizado dentro da bacia em estudo, cujas coordenadas e altitude serão aferidos com uso de GPS (Global Position System) e altímetro.

Os dados serão organizados em planilhas nas quais, cada ano em estudo, terá 12 linhas (janeiro a dezembro), e cada linha terá o número de dias correspondente ao mês, com os respectivos dados, utilizando como unidade de tempo o dia Juliano.

Basicamente, existem duas maneiras de analisar a periodicidade temporal ou espacial de dados. Uma delas é aquela recomendada por Jenkins & Watt (1968), envolvendo a transformada de Fourier da função autocorrelação, $r(l)$, calculada por:

$$S(f) = \Delta x [r(0) + 2 \sum r(l) \cos(2\pi l f \Delta x)]$$

onde $S(f)$ é a função densidade espectral, $r(l)$ é a autocorrelação para “lags”, l , m é o número máximo de “lags” e Δx é o intervalo entre as medidas. $S(f)$ é computada para as freqüências

$$f = \frac{l}{m} f_n$$

e f_n é a freqüência Nyquist (Vauclin et al., 1993) calculada por

$$f_n = \frac{0,5}{\Delta x}$$

O gráfico da densidade espectral versus freqüências pode revelar se existe concentração de variância em alguma freqüência.

A outra maneira, recomendada em Davis (1973), através da qual uma série temporal ou espacial de dados é representada por uma série harmônica de Fourier composta de senos e co-senos, é dada por:

$$Y_i = \sum [\alpha n \cos(2n\pi X_i / N) + \beta n \sin(2n\pi X_i / N)]$$

onde Y_i é a amplitude determinada pela soma dos componentes seno e co-seno a uma distância X_i do início da série. O gráfico de Y_i versus os números harmônicos representa a densidade espectral e indicará se há alguma concentração de variância em algum deles.

Aplicando estes métodos nos dados obtidos do pluviômetro, as análises de periodicidade espacial ou temporal serão especificadas e suas relações com a periodicidade de erosão avaliadas. O que se registra num pluviômetro é o total de chuva diária, ou seja, num período de 24 horas. Pretende-se estudar a periodicidade de ocorrência de chuvas muito intensas ou de períodos de estiagens que podem prejudicar a agricultura. Porém, perdas por erosão podem não ter a mesma periodicidade porque além de dependerem do total diário de chuvas, dependem muito da duração de chuva. Assim, uma chuva de 50 milímetros, se ocorrer em 10 minutos dá uma intensidade de 300 mm/h (altamente erosiva). Já uma chuva de 50 milímetros com duração de 10 horas dá uma intensidade de 5 mm/h, pode nem causar erosão. Assim, a periodicidade de erosão pode não ser a mesma que a de chuvas.

Referências Bibliográficas

- ALVES, J. M. B.; CAMPOS, J. N. B.; SOUZA, E. B. **A produção agrícola de subsistência no Ceará com ênfase aos anos de el niño e la niña [online]**. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/aguatrab/jose%20brabo/p4tb11.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2001.
- ARRUDA, H. V. de; PINTO, H. S.; PENTEADO, R. S. Modelos probabilísticos para a interpretação da ocorrência de temperaturas mínimas na região de Campinas, S.P. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1981, Pelotas. **Resumos ampliados dos trabalhos apresentados nas sessões técnicas**. Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1981. p. 143-145.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. p. 86-90.
- CAMARGO, M. B. P. de. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, p. 161-168.1993.
- CAMARGO, M. B. P. de; ORTOLANI, A. A.; ARRUDA, H. V. de. Ocorrência mensal de rajadas máximas diárias de vento em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 107-112, 1994.
- DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**. New York: John Wiley, 1973. 550 p.
- GODOY, H.; NOGUEIRA, I. R.; GOMES, F. P. Análise estatística de dados pluviométricos de Campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 20, p. 357-371, 1961.
- IICA. **Relatório consolidado Painel IV – Impactos na mudança do clima sobre os recursos hídricos**. Disponível: <www.iica.org.br/aguatrab/relatorios/consolidado4.htm>. Acesso em: 17 jun 2001.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**:Serviço Aerofotogramétrico Cruzeiro do Sul, 1963.

JENKINS, G. M.; WATT, D. G. **Spectral analysis and its applications**. San Francisco: Holden-Day, 1968. 525 p.

LEPSCH, I. F.; VALADARES, J. M. A. S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 35, p. 13-40, 1976.

LIBARDI, P. L.; PREVEDELLO, C. L.; PAULETTO, E. A.; MORAES, S. O. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transecção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 85-90, 1986.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo**: estudo sob a forma de Atlas. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1973.

PEREIRA FILHO, A. J. O céu desespera – o paradoxo das enchentes e o racionamento de água na Grande São Paulo. **Ligaçāo**, São Paulo, 14, n.4, p. 8-11, 2001

SANT'ANNA NETO, J. H. **As chuvas no Estado de São Paulo**: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. 1995. Tese – Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SILVA, I.; CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J. V. Época e probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas abaixo de dado valor, para a região de Lavras, M.G. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 210-219, 1986.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S. R.; BERNARD, R.; NIELSEN, D. R. The use of cokriging with limited field observations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p. 175-184, 1983.

VIEIRA, S. R.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. de; DECHEM, S. C. F.; LOMBARDI NETO, F. Utilização da análise de Fourier no estudo do efeito residual da adubação em uva, na crotalária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 11, p. 7-10, 1987.

VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial de potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 405-412, 1995.

VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F.; BURROWS, I. T. Mapeamento da chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 93-98.1991.

VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F.; MAKARENKO, D. Variabilidade espacial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22., 1989, Recife. **Programa e resumos**. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989. p. 246.



Informática Agropecuária

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

