VARIABILIDADE ESPACIAL DE PARÂMETROS DE SOLO E PLANTA

BEATRIZ MONTE SERRAT PREVEDELLO

Orientador: PAULO LEONEL LIBARDI

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1987

Ao

Celso

e aos nossos filhos:

Daniel

Luciano

Endrigo

Juliana

A todos que,
direta ou indiretamente,
contribuíram para a
execução deste trabalho,

AGRADEÇO

SUMÁRIO

	<u>página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Variabilidade espacial dos solos	3
2.2. Teoria das variáveis regionalizadas	5
2.2.1. Funções de estacionaridade	5
2.2.2. Autocorrelação	7
2.2.3. Semivariância	14
2.3. Aplicação da geoestatística na área agrônômica	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Local	24
3.2. Caracterização da área experimental	24
3.3. Dimensões da área	25
3.4. Caracterização da cultura	25
3.5. Práticas agrônômicas	25
3.6. Amostragens e determinações	27
3.6.1. Solo	28
3.6.2. Planta	29
3.7. Análise estatística	33
3.7.1. Autocorrelação	33
3.7.2. Semivariograma	34
3.7.3. Alcance	37
4. RESULTADOS	39
5. DISCUSSÃO	85
5.1. Autocorrelograma e semivariograma para uma direção .	86
5.2. Autocorrelogramas e semivariogramas para duas e to- das as direções	88

página

5.3. Alcance	89
6. CONCLUSÕES	95
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXO A	103
ANEXO B	113
ANEXO C	136

RESUMO

PREVEDELLO, B.M.S., Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, janeiro de 1987, 166 p. Variabilidade espacial de parâmetros de solo e planta. Professor Orientador: P.L. LIBARDI.

Com o objetivo de estudar a magnitude da variabilidade espacial de uma área cultivada, considerada homogênea para propósitos de experimentação agrícola, foi empregada a "Teoria das Variáveis Regionalizadas" (Geoestatística). O experimento foi desenvolvido num Paleudalf Óxico (Terra Roxa Estruturada), localizado no campus da Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba. Utilizou-se a cultura de arroz de sequeiro em uma parcela de 4810 metros quadrados, demarcada a intervalos regulares de 10 metros nas duas direções, para a amostragem de solo e planta. No material amostrado, procederam-se determinações químicas e de componentes da produção, globalizando 47 parâmetros. Com os dados obtidos, foram calculados os momentos estatísticos, autocorrelação e semivariância, de cada variável. A partir disso, construíram-se os autocorrelogramas e os semivariogramas, os quais permitiram a determinação do alcance pelas seguintes metodologias: comprimento do autocorrelograma (k_a), comprimento do semivariograma (k_v), limite superior

da autocorrelação (a), e escala integral (E.I.). Verificou-se que o valor de E.I., o qual define o diâmetro de áreas homogêneas, foi aproximadamente a metade do de k_a . As dependências espaciais, em geral, mostraram-se de longo alcance na direção do comprimento da parcela, apresentando redução quando foram englobadas outras direções. A partir da aplicação da "Teoria das Variáveis Regionalizadas", foi possível estabelecer sub-unidades de amostragem ou de manejo individualizado, e também definir sub-parcelas consideradas independentes. A parcela experimental apresentou relação de dependência espacial, acima de 10 metros, em 41 das variáveis consideradas, pelo valor de a. Entretanto, pelo conceito de escala integral, a área total em estudo não se mostrou homogênea para nenhum dos 47 parâmetros levantados, quando foram analisados os três critérios de direção.

SUMMARY

PREVEDELLO, B.M.S., Ph.D., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, January 1987, 166 p. Spatial variability of soil and plant parameters. Adviser: P.L. Libardi.

The objective of this work was to study the magnitude of the spatial variability of a cultivated area considered homogeneous for agricultural purposes, using the Theory of Regionalized Variables (Geostatistics). The experiment was carried out in an Oxic Paleudalf located at the Piracicaba Campus of the University of São Paulo, Piracicaba (SP), Brazil. The field experiment consisted of a 4810 m^2 plot divided into 10 m regular grid intervals where a high land rice crop was grown. Analytical and yield components determinations were made in the sampled material, resulting a total of 47 parameters. For each of these variables, statistical moments, auto-correlations and semi-variances were calculated, and hence auto-correlograms and semi-variograms to determine the correlation distance using the following methodologies: auto-correlogram length, k_a ; semi-variogram length, k_v ; auto-correlation upper limit, $\underline{a}$; and integral scale, E.I. It was verified that the E.I. value, which defines the diameter of homogeneous areas, was approximately half of the k_a value. The spatial dependence, in general, were of long range in the direction

of the plot length, decreasing when other directions were included. From the theory of regionalized variables, it was possible to establish sub-areas of sampling or of individual management, and, also, to define sub-plots to be considered independent. The experimental plot has shown spatial dependence relations, beyond 10 m, in 41 of the considered variables according to the a concept. However, from the integral scale concept, the total area studied did not show homogeneity in none of the 47 parameters studied when three criteria of direction were used.

1. INTRODUÇÃO

Visando a melhoria da produtividade e qualidade das plantas cultivadas, a ciência agrônômica tem estabelecido relações entre os diversos fatores de produção e o desenvolvimento das culturas. Neste aspecto, a análise estatística das variáveis medidas tem se mostrado importante às interpretações dos resultados.

Os experimentos de campo, utilizados como fase de pesquisas iniciadas em laboratório ou casas-de-vegetação, necessitam, para atender as hipóteses básicas da estatística clássica, minimizar os efeitos provocados pela variabilidade natural existente no sistema solo-planta-atmosfera.

As observações realizadas em condições de campo podem, no entanto, incluir considerações sobre sua variabilidade espacial ou temporal. Assim, com o conhecimento das posições relativas das amostragens ou medidas feitas a campo, a variabilidade espacial passa a ser utilizada como um fator positivo, identificando interações importantes, nas conclusões experimentais.

O estudo da dependência espacial de determinados parâmetros do solo ou da planta, através da teoria das variáveis regionalizadas (geoestatística), permite a interpretação e a projeção dos resultados com base na estrutura da sua variabilidade natural. Por exemplo, permite separar, nas respostas das culturas, a proporção referente ao tratamento ou manejo, daquela correspondente às di-

ferências de solos, entre pontos de um mesmo campo.

O presente trabalho tem por objetivo estudar, numa área considerada homogênea para propósitos de experimentação agrícola, a magnitude da variabilidade espacial (i) de algumas propriedades físicas e químicas do solo, (ii) do teor de alguns nutrientes na planta de arroz, e (iii) de componentes da produção da cultura de arroz.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Recentes pesquisas em ciências agronômicas têm dado ênfase à variabilidade espacial, quando se conduz experimentos sob condições de campo. Com base nos objetivos do presente trabalho, apresenta-se, a seguir, uma revisão de literatura iniciando-se por aspectos gerais ligados à variabilidade dos solos, apresentando depois os conceitos principais da teoria das variáveis regionalizadas e, finalmente, a utilização desta nova alternativa estatística em outros ramos da agronomia.

2.1. Variabilidade espacial dos solos

Com o interesse de avaliar o efeito da variabilidade das propriedades de solos cultivados no campo e estabelecer distâncias e modelos de amostragens, Montgomery* em 1913 e Waynick* em 1918, citados por VIEIRA et alii (1983), realizaram experimentos onde os

*MONTGOMERY, E.G. Experiments in wheat breeding: experimental error in the nursery and variation in nitrogen and yield. Bur. Plant Indust., Dep. Agr. Est. Unidos, Boletim 269, 1913. 61 p.

*WAYNICK, D.D. Variability in soils and its significance to past and future soil investigations. I. Statistical study of nitrification in soils. Univ. Cal. Publ. Agr. Sci., 3: 240-270, 1918.

pontos das observações eram previamente estabelecidos.

Mc BRATNEY (1984) afirma que o grande feito agrônômico de Fisher, na década de 20, foi descobrir uma solução tecnológica para problemas de variação do solo, em experimentos de campo. Através da casualização e formação de blocos, foi resolvido, sem estimar, o efeito do solo e outras variáveis ambientais incontrolláveis. Outro resultado, ressaltando o sucesso dos métodos estatísticos de Fisher, é a redução marcante da covariância depois do ano de 1920. Entretanto, ainda de acordo com Mc BRATNEY (1984), os cientistas do solo, durante um período de 60 anos, não têm explicado com suficiente clareza para estatísticos e agrônomos a importância do solo no desenvolvimento das culturas e de que modo o solo pode ser levado em consideração.

BECKETT & WEBSTER (1971) mostraram como a variância e o coeficiente de variação de diferentes propriedades do solo aumentam à medida que cresce o tamanho da área. Isto sendo válido tanto para características físicas como químicas do solo, e se tem calculado que os coeficientes de variação podem ter valores entre 20 e 65% em áreas maiores que 10 hectares.

Já em 1968, Ball & Williams*, citados por GUROVICH (1982), realizaram estudos da variabilidade das propriedades químicas de solos não cultivados. O coeficiente de variação para vários parâmetros, neste estudo, ficou em torno de 33%, o que levou estes autores a concluir que, em qualquer estudo pedológico e ecológico, é indispensável considerar quantitativamente a variabilidade espacial, para uma melhor compreensão das observações realizadas.

*BALL, D.F. & WILLIAMS, W.M. Variability of soil chemical properties in two uncultivated brow earths. J. Soil Sci., 19: 379-391, 1968.

CASSEL & BAVER (1975), estudando a densidade global e a retenção de água de um solo, na sua camada superficial, concluíram que o número de amostras, para avaliar corretamente estes parâmetros, dentro de limites de confiança estabelecidos, é pouco prático, sendo mais conveniente considerar quantitativamente a variabilidade espacial dos parâmetros, separando unidades de solo mais homogêneas, através de técnicas geoestatísticas.

O desenvolvimento da "Teoria das Variáveis Regionalizadas" (Geoestatística), por Matheron, em 1963, visando resolver problemas de geologia e mineração, vem recentemente sendo aplicada em diversos outros ramos da ciência, como na Agronomia (VIEIRA et alii, 1983).

Textos básicos sobre este assunto são encontrados em DAVIS (1973), DAVID (1977), JOURNELL & HUIJBREGTS (1978), CLARK (1979) e, mais especificamente na área agronômica, em VIEIRA et alii (1983), REICHARDT (1985), CAMPBELL (1985) e WEBSTER (1985).

2.2. Teoria das Variáveis Regionalizadas

Consideremos x um ponto no espaço R^3 e $Z(x)$ o valor da função de interesse neste ponto. Tal função é chamada de variável regionalizada (DAVID, 1977).

2.2.1. Funções de estacionaridade

A aparente continuidade da função está ligada à suposição de que os valores de um parâmetro do solo, em localizações vizinhas, sejam aproximadamente o mesmo ou que, pelo menos, estejam

relacionados. Além desta propriedade, a variável regionalizada pode apresentar outros atributos que se encontram descritos em LANDIM (1985).

No campo agrônômico, tais variáveis podem ser: o teor de um elemento no solo ou na planta, a espessura de um horizonte, a extensão de uma unidade de solo, os valores de componentes da produção de uma cultura (peso de matéria seca e de grãos, número de plantas e outros), quantidade de nutrientes extraídos pela cultura, e outros.

Como uma variável regionalizada é um resultado único de uma função casual (ou ao acaso), é impossível fazer-se inferências estatísticas baseando-se em apenas uma amostra (LANDIM, 1985). Para resolver este impasse, a geoestatística tem introduzido hipóteses com respeito ao tipo de função casual, sendo aqui referidos: (i) hipótese de estacionaridade de ordem 2, e (ii) hipótese intrínseca. Estas hipóteses são apresentadas, segundo JOURNEL & HUIJBREJTS (1978), página 32, partindo da mais restrita para a mais geral, isto é, se a função é estacionária de segunda ordem, então esta função também é intrínseca, não sendo o inverso necessariamente verdadeiro.

A hipótese de fraca estacionaridade, ou estacionária de ordem 2 (ou, ainda, conceito de homogeneidade usado por GUTJAHR, 1984), considera que: (1) o valor esperado da variável regionalizada $Z(x)$ é o mesmo em todo o campo de interesse, e (2) a covariância espacial de uma variável regionalizada $Z(x)$ é a mesma para todo o campo de interesse, implicando na ocorrência de variância finita. A hipótese intrínseca tem importância em casos onde não ocorre variância finita. Esta considera, apenas,

que a média dos valores de $Z(x)$ e a variância dos incrementos $Z(x) - z(x+L)$ ocorrem independentemente da localização (onde L é um vetor possuindo direção e comprimento).

Quando existe estacionaridade de ordem 2 e, consequentemente, a estacionaridade da variância, as funções autocorrelação e semivariograma são instrumentos equivalentes para caracterizar a correlação entre observações de um mesmo parâmetro, separadas por L . No caso de ser unicamente cumprida a hipótese intrínseca, só é válido o uso da função semivariograma (ou função intrínseca) (VAUCLIN et alii, 1982).

2.2.2. Autocorrelação

A função autocorrelação expressa a correlação linear entre uma série espacial (temporal) e a mesma série num espaço (tempo), quantificando a mudança de forte dependência para uma situação de independência dos valores de um determinado parâmetro (DAVIS, 1973; GAJEM et alii, 1981; NIELSEN & CASSEL, 1984).

Para a caracterização da função autocorrelação, é necessário que a função satisfaça a hipótese de estacionaridade de ordem 2. Nestas condições, a função autocorrelação pode ser definida pela equação (1):

$$\rho(L) = \text{cov} [Z(x), z(x+L)] / \sigma^2 \quad (1)$$

onde $\rho(L)$ é o valor da autocorrelação, e σ^2 a variância, ambos da população.

A estimativa de $\rho(L)$ usando dados de amostragem é representada por $r(L)$.

Segundo GAJEM et alii (1981), no uso da função auto-

correlação os parâmetros são modelados por uma função ao acaso, com suficientes propriedades para garantir a existência desta função. Como tal função pode depender da área ou volume da região delimitada, a sua validade não pode ser satisfatoriamente testada. Embora seja requerida uma forma de estacionaridade, a função autocorrelação tem certas vantagens em relação a outros métodos, por apresentar valores normalizados para o intervalo $-1, 1$, inclusive facilitando a interpretação dos valores.

O autocorrelograma é um gráfico de $r(L)$ em função da distância ou "lag" L . O valor máximo é 1 para $L=0$ e tende a decrescer com o aumento de L . Quando $L=1$ e os pontos $1, 2, \dots, n$ são igualmente espaçados, a correlação é feita de x_1 com x_2 , x_2 com x_3 , $\dots$ x_{n-1} com x_n . Para $L=2$, a correlação é feita de x_1 com x_3 , x_2 com x_4 , $\dots$ x_{n-2} com x_n , e assim por diante.

Três tipos de autocorrelogramas sugeridos por GAJEM (1981) são mostrados na Figura 1. O primeiro (A) é um caso típico com $r(L)$ decrescendo gradualmente, nivelando em torno de zero. No caso (B), o valor de $r(L)$ declina rapidamente dentro do 1º "lag", a partir do que, mostra a independência entre as amostras. No 3º tipo (C), o coeficiente de autocorrelação cai mais lentamente, indicando dependência a longo alcance.

VAUCLIN et alii (1982) apresentam um autocorrelograma onde os valores decrescem para zero com o aumento da distância, chegando a valores negativos significativamente diferentes de zero. Os autores relatam que nestas condições esta série de dados não pode ser caracterizada pela função autocorrelação, por ser tendenciosa (apresentando um "drift"). Este problema poderá ser contornado através da confecção do autocorrelograma residual (baseado nos va-

FIGURA 1 - Tipos de autocorrelogramas.

lores médios). RUSSO & BRESLER (1981) e GAJEM et alii (1981), quando analisaram um autocorrelograma apresentando valores negativos para resultados de parâmetros hidráulicos, consideraram, para efeito prático, condições semelhantes à Figura 1(A). GUROVICH & STERN (1983), trabalhando com a variabilidade espacial de valores de condutividade hidráulica, obtiveram um autocorrelograma com valores negativos. Estes autores relataram que este fato indicava a existência de uma correlação negativa, ou seja, os valores pequenos de condutividade da origem estão associados com valores grandes no centro do campo, que no caso, correspondia aos 45 metros.

Sendo o alcance definido pelo intervalo no qual as amostras espaciais mantêm relação de dependência, ou pelo intervalo de amostragem que poderá ser representado por uma única amostra, várias técnicas para a sua determinação têm sido sugeridas. Considerando a definição de autocorrelograma, onde no "lag" zero o $r(L)$ é sempre igual a 1, e que, de maneira geral, à medida que a distância L aumenta, os valores de $r(L)$ tendem a decrescer para $r(L)$ igual a zero, WEBSTER & CUANALO (1975) consideram que a dependência entre os valores termina na distância correspondente ao ponto (k_a) onde a curva do autocorrelograma corta o eixo das abscissas. NIELSEN & CASSEL (1984) apresentam o valor λ , também chamado de comprimento da autocorrelação e definem a distância entre observações, além da qual a $r(L)$ é menor ou igual a $1/e$ (onde "e" é a base do logaritmo neperiano), equivalente a 0,37, conforme a eq. (2), onde r é o coeficiente de autocorrelação e L é o "lag" (Figura 2).

$$r(L) = \exp (-L / \lambda) \quad (2)$$

Outro critério para determinar o alcance é através do

FIGURA 2 - Alguns tipos de determinação do alcance (baseado no auto-correlograma).

conceito de escala integral (E.I.), uma vez que o seu valor representa o diâmetro de uma área circular, dentro da qual as observações são consideradas homogêneas, ou seja, é a área sob a função $r(L)$. Num processo bidimensional, esta área corresponde, conforme BRESLER et alii (1981), à eq. (3):

$$E.I. = \left[2 \int_0^{\infty} r(L) L dL \right]^{1/2} \quad (3)$$

observando-se que para processos unidimensionais, uma série de tempo, por exemplo, ou observações em um traçado, a escala integral corresponde à integral exata da função autocorrelação. Vários autores têm citado e utilizado deste critério de determinação, o qual também permite delimitação de áreas uniformes dentro do campo, entre eles, RUSSO & BRESLER (1981), VAUCLIN et alii (1982), GUROVICH & STERN (1983a), CAMPBELL (1985) e LIBARDI et alii (1986). CAMPBELL (1985) cita que o alcance seria definido por mais de um valor de E.I. a fim de ser atingida a independência entre amostras.

HAAN (1977), ao adaptar o limite de confiança do coeficiente de correlação aos resultados da autocorrelação, no qual se determina o intervalo onde os valores $r(L)$ não diferem de zero, permite assim que seja estabelecido o alcance da autocorrelação valor a , como é indicado pela Figura 3. A eq. (4) apresenta os limites de confiança com probabilidade de 95%, isto é, dentro deste intervalo, os valores de $r(L)$ não diferem de zero.

$$\left. \begin{array}{l} \text{superior} \\ \text{inferior} \end{array} \right\} \text{limite} = \left\{ -1 \pm 1,96 \sqrt{\frac{1}{n-2}} \right\} / (n-1) \quad (4)$$

onde n é o número da série espacial, HAAN (1977) observa ainda que

FIGURA 3 - Alcance determinado pelo critério dos limites para auto-correlograma.

este critério é válido para grande número de observações da série espacial em relação aos números de distâncias regulares ("lags") utilizados na análise do autocorrelograma, pois sob estas condições, $r(L)$ se aproximará da distribuição normal.

DAVIS (1973) cita o cálculo da zona de influência (Z.I.), pela distribuição Z (valores obtidos em tabelas estatísticas), a qual pode ser determinada pela eq. (5), sugerindo não ser recomendado o uso de $L < n/4$ e de $n < 50$.

$$z_L = \left| r(L) \right| \sqrt{n-L} \quad (5)$$

GAJEM et alii (1981) comparam os valores do alcance obtido por escala integral e pela zona de influência e obtiveram alcan- ces menores com E.I. do que com Z.I.

Ao apresentar a análise espacial e temporal em ecologia, CORMACK & ORD (1979) sugerem que, na prática, os limites de autocorrelação podem ser definidos por $\pm 2/\sqrt{n}$, obtendo, como exemplo, para $n = 114$, o valor de $\pm 0,187$, enquanto que, pela eq. (4), obteríamos $+0,175$ e $-0,192$.

Os aspectos estatísticos tanto de limites de confiança como de zona de influência, estão apresentados com maiores detalhes nos livros didáticos de estatística (SNEDECOR & COCHRAN, 1980, por exemplo).

2.2.3. Semivariância

Dependendo do objetivo dos estudos de variabilidade espacial, alguns autores preferem o uso da função semivariância. A função autocorrelação apresenta vantagens, como já citado no item anterior. Entretanto, quando se trata de estimativa de valores, principalmente em situações bidimensionais, e ainda quando são necessárias condi-

ções de menor grau de estacionaridade, a função semivariância ganha maior ênfase.

Suponha-se que no local x é obtido o valor $Z(x)$ para um parâmetro do solo, e para o local $x+L$ o valor $Z(x+L)$ para o mesmo parâmetro (onde L é o vetor já anteriormente citado "lag"). Desta forma, a variância S^2 calculada para este par de valores é a soma do quadrado da diferença de cada valor individual com a média $\bar{Z}$ (WEBSTER, 1985), conforme indicado na eq. (6).

$$S^2 = [Z(x) - \bar{Z}]^2 + [Z(x+L) - \bar{Z}]^2 \quad (6)$$

Com o desenvolvimento desta equação, onde a média $\bar{Z}$ é:

$$[Z(x) + Z(x+L)] / 2$$

obtem-se a eq. (7):

$$S^2 = \frac{1}{2} [Z(x) - Z(x+L)]^2 \quad (7)$$

A terminologia para S^2 da eq. (7) varia, sendo encontrados termos para a função gráfica como: variograma e semivariograma. WEBSTER (1985) esclarece que, embora seja largamente usado o termo semivariância, é importante lembrar que S^2 é a variância dessas duas observações; e se, além disso, ocorrem n pares de observações separadas pelo mesmo "lag" L , então a média poderá ser definida conforme a eq. (8):

$$\bar{S}^2 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_i + L)]^2 \quad (8)$$

Onde a hipótese intrínseca é mantida, o mesmo grau de diferença nas propriedades atuais do solo em qualquer dois lugares

distanciados de L . Nestas circunstâncias, o valor da amostra $\bar{S}^2$ na eq. (8) é um estimador sem tendências de $\gamma(L)$, o qual corresponde à semivariância média da população.

Na forma gráfica, a função semivariância, ou o semivariograma, apresenta em condições ideais o seguinte comportamento: (i) para um "lag" zero, a função semivariância é zero ou não mostra variância; (ii) com o aumento de L , $\gamma(L)$ cresce gradualmente e aproxima-se de uma constante (C , a variância da população), atingindo um patamar denominado de "sill" (CLARK, 1979).

A dependência das observações é avaliada pela estrutura do semivariograma, e a distância na qual estas comecem a ficar independentes, próximo à variância da população, a qual é chamada de alcance ou raio de influência (λ).

Existem vários outros modelos de semivariogramas, sendo mais comumente usados: o modelo esférico, o exponencial, e o linear (Figura 4), enquanto que outros modelos poderão ser mais apropriados para situações particulares (CLARK, 1979; VIEIRA et alii, 1981; GUTJAHR, 1985).

BURGESS & WEBSTER (1980) comentam que, pela definição, $\gamma(L) = 0$ quando $L = 0$, mas que, entretanto, na prática, as curvas dos valores da semivariância não passam necessariamente pela origem. Em vez disto, pode aparecer um valor finito e positivo para $\gamma(L)$ em valores de L próximos de zero. Este fenômeno é conhecido como efeito pepita (efeito "nugget"). Este efeito abrange flutuações no solo que ocorrem a distâncias mais curtas que o intervalo de amostragem, definindo também a precisão da interpolação. GUTJAHR

FIGURA 4 - Alguns modelos de semivariogramas.

(1984) considera ser o efeito pepita um padrão para a medida de erros de estimativas.

GUROVICH & STERN (1983a) indicam algumas situações práticas de ocorrência dos modelos dos semivariogramas da Figura 4. Para o caso da situação (b), consideram um semivariograma sem nenhuma estrutura, onde as observações estão distribuídas ao acaso no espaço (por outros autores é chamado de efeito "nugget" puro). O semivariograma da situação (c) indica uma forma de estrutura espacial, na qual os valores de Z localizados a grandes distâncias se tornam similares aos valores de Z na origem, isto é, existe periodicidade.

A determinação do alcance a partir do semivariograma tem sido sugerida por vários autores. Se $\gamma(L)$ aproxima-se do máximo assintoticamente, então o alcance λ pode ser determinado, para propósitos práticos, no ponto onde a função atinge o valor da variância da população (ou variância total). Os pontos que se apresentarem em menores distâncias que o alcance serão espacialmente dependentes. Pares de observações mais espaçadas que λ não estão relacionados entre si, a menos que ocorram variações periódicas do parâmetro no solo (BURGGES & WEBSTER, 1980).

Como o alcance para o semivariograma, geralmente, é considerado como a distância na qual a função atinge o patamar ("sill"), e como, na prática, este patamar não é sempre bem definido, CLARK (1979), BURGGES & WEBSTER (1980), VIEIRA et alii (1983) e outros, utilizam para o alcance, o ponto em que a tangente dos primeiros pontos da curva representativa da função semivariância atinge a altura do patamar ("sill"), e estabelecem ser esta distância equivalente a 2/3 do alcance, seguindo estes autores uma alternativa proposta por Matheron.

Uma vez que o valor da variância da população pode apresentar um intervalo de confiança através dos limites obtidos pelo qui-quadrado, como apresenta SNEDECOR & COCHRAN (1980, página 103), poderia assim ser estabelecido o ponto em que a função não difere da variância da população, com a distância correspondendo ao alcance. Ainda pela variação dos gamas médios, conforme apresentado por VIEIRA (1981), este valor do alcance poderia ser obtido pelo erro padrão do gama. Os valores de $\gamma(L)$ que apresentarem erros que atinjam a variância da população, poderiam ser utilizados como referência no gráfico para estabelecer a distância além da qual as observações passarão a ser independentes.

2.3. Aplicação da geoestatística na área agrônômica

O método geoestatístico tem sido utilizado em estudos de classificação e de levantamento de solos, podendo-se citar, entre outros, WEBSTER (1973), WEBSTER & CUANALO (1975), WEBSTER & BUTLER (1976), Mc BRATNEY & WEBSTER (1981a), BUONA (1985), GRUIJTER & MARSMAN (1985) e WILDING (1985). WEBSTER & CUANALO (1975), por exemplo, observou existir relação entre pH do solo e a sua litologia, encontrando, em um traçado de 3,2 Km, amostrado de 10 em 10 metros, forte autocorrelação para os valores de pH, decrescendo próximo aos 230 metros. Ocorrendo o mesmo para valores de argila no horizonte superficial, enquanto para os valores de silte, a função autocorrelação decresceu próximo aos 400 metros.

Vários outros estudos do solo utilizam o método geoestatístico, entre eles os ligados às suas propriedades físicas,

químicas e biológicas.

XU & WEBSTER (1984), trabalhando em uma área de 3635 Km², na China, coletaram 102 amostras da superfície do solo, que foram irregularmente espaçadas. Os semivariogramas obtidos para matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e areia, apresentaram-se lineares com um grande efeito "nugget" e pequena variação no alcance para estes parâmetros. Os valores de $\gamma(L)$ obtidos para o potássio oscilaram em torno da variância da população, desde os "lags" iniciais, indicando independência entre as observações (efeito "nugget" puro). Os valores de pH do solo apresentaram forte dependência espacial com um semivariograma do tipo exponencial. Concluem os autores que a amostragem do solo para determinação do pH poderá ser efetuada a cada 1,3 Km, obtendo erro padrão máximo de 0,2 unidades de pH para blocos de 1 Km x 1 Km.

O'HALLORAN et alii (1985), estudando fósforo do solo em uma área de 10,5 m x 40 m, retirando 132 amostras regularmente espaçadas, concluíram que mais de 90% da variação do teor de P do solo foi devida à sua mudança textural (negativamente correlacionado com o conteúdo de areia). Consideram os autores que a intensidade de amostragem poderá ser significativamente reduzida em estudos de mudanças temporais do teor de P do solo, em locais experimentais.

VAUCLIN et alii (1983) coletaram amostras de solo espaçadas de 10 m em uma área de 40 m x 70 m. Obtiveram a estabilização da função semivariograma próximo aos 30 m para areia e argila e aos 50 m para silte.

Um estudo da variabilidade espacial do solo quanto à propriedade biológica, é apresentado por WOLLUM et alii (1984), avaliando a população de Rhizobium japonicum em dois tipos de solo.

As propriedades hídricas do solo, analisadas sob o ponto de vista da Teoria das Variáveis Regionalizadas, são encontradas em trabalhos como RUSSO & BRESLER (1981), VIEIRA et alii (1981), GAJEM et alii (1981), GUROVICH (1982), GUROVICH & STERN (1983a,b), NIELSEN et alii (1983), NIELSEN & CASSEL (1984), DUFFY (1985), WIERENGA (1984), WAGENET (1984), LIBARDI et alii (1986), e outros.

Embora outras teorias, com amostras regionalizadas, sejam comumente utilizadas em levantamentos ecológicos, como as observadas em CORMACK & ORD (1979), na área agrônômica vem sendo utilizada a geoestatística, sendo a maioria dos trabalhos ligados às propriedades do solo (citados anteriormente) e poucos ligados aos parâmetros de produção e à planta em si.

Uma das primeiras informações associando a variabilidade espacial que se observa nos rendimentos das culturas, em relação à água de irrigação, foi apresentada por Bresler et alii*, em 1981 (GUROVICH, 1982). Outro trabalho sobre este assunto foi publicado por BRESLER et alii (1981).

Mc BRATNEY & WEBSTER (1981b) apresentam um estudo considerando a variabilidade espacial obtida na produção de trigo. VIEIRA et alii (1983), utilizando os dados de produção de trigo e de percentagem de nitrogênio nos grãos, obtidos por Montgomery* em 1913, encontraram estrutura do semivariograma, para o primeiro, com patamar ("sill") próximo a 1/5 da distância total, sendo que os va-

*BRESLER, E.; DAGAN, G.; HANKS, J. Statistical analysis of crop yield under controlled line-source irrigation. (in press). (comunicación personal). 1981.

*MONTGOMERY, E.G. Experiments in wheat breeding: experimental error in the nursey and variation in nitrogen and yield. Bur. Plant Indust., Dep. Agr. Est. Unidos, Bol. 269, 1913. 61 p.

lores da % de N nos grãos apresentaram semivariogramas com estrutura muito pouco definida. Neste trabalho de VIEIRA et alii (1983) foram analisados ainda os dados dos experimentos de Waynick* de 1918 em delineamento circular, e de Waynick & Sharp* de 1919 para outras propriedades do solo.

Mc BRATNEY (1984) apresenta dois experimentos de campo, relacionados com a variação encontrada na distribuição da produção de culturas. O autor fez análise geoestatística com os dados originais de Batchelor & Reed*, para produção de laranja em 1918, e com os dados de Gomez e Gomez*, para a produção de arroz, no ano de 1976. Tais dados foram obtidos de pontos distanciados regularmente. Os resultados dos autocorrelogramas foram confrontados, ambos bidimensionais, sendo observada a existência de maior anisotropia na distribuição espacial da produção de arroz do que na de laranja.

UEHARA et alii (1985), além de apresentar dados de comportamento espacial de propriedades físicas e químicas do solo, em áreas de grandes extensões, apresentam também resultados de um experimento com arroz, o qual será citado a seguir. Em uma área de 28 m x 28 m, foram feitas 116 amostragens, sendo que as linhas diagonais e as centrais possuíam espaçamentos menores. Estas amostras

*WAYNICK, D.D. Variability in soils and its significance to past and future soil investigations. I. Statistical study of nitrification in soils. Univ. Cal. Publ. Agr. Sci., 3: 243-270, 1918.

*WAYNICK, D.D. & SHARP, L.T. Variability in soils and its significance to past and future soil investigations. II. Variation in nitrogen and carbon in field soils and their relation to the accuracy of field trials. Univ. Cal. Publ. Agr. Sci., 4: 121-139, 1919.

*BATCHELOR, L.D. & REED, H.S. Relation of the variability of fruit trees to the accuracy of field trials. J. Agric. Res., 12: 245-283, 1918.

*GOMEZ, K.A. & GOMEZ, A.A. Statistical methods for agricultural research with emphasis on rice. IRRI, Los Baños, p. 208-209, 1976.

constaram de coletas de plantas para obtenção dos componentes da produção e de amostras de solo, as quais foram analisadas para saturação em alumínio, pH e outras propriedades químicas do solo. O efeito da toxidez por alumínio foi refletido na produção de grãos, apresentando uma correlação negativa de 0,51 entre a saturação de alumínio (%) e o peso de grãos secos (g/m^2). O alcance da dependência espacial para os componentes da produção foi maior do que para as propriedades do solo, embora estas sejam consideradas de influência no desenvolvimento das plantas. O coeficiente de correlação mais elevado foi obtido para o peso de grãos secos (g/m^2) x cálcio trocável ($\text{meq}/100 \text{ g}$), no valor de 0,55. O autor, analisando os resultados encontrados, acredita que a variabilidade natural do solo poderá ser explorada para responder questões agronômicas.

Aparentemente, esta etapa do uso da geoestatística em relação ao rendimento dos cultivos, está em seu início e as perspectivas de desenvolvimento parecem de grande interesse em muitas disciplinas (GUROVICH, 1982).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

A área estudada está situada em Piracicaba, estado de São Paulo, no campus da Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", a 100 m do Posto Agrometeorológico do Departamento de Física e Meteorologia, localizado a 580 m acima do nível do mar, com coordenadas geográficas de $22^{\circ}42'30''$ de latitude sul e $45^{\circ}38'00''$ de longitude oeste.

3.2. Caracterização da área experimental

O local possui relevo ondulado, mas a área experimental é praticamente plana, apresentando aproximadamente 6% de declividade no sentido SW-NE.

O solo do local foi classificado por RANZANI et alii (1966) como uma Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz". De acordo com a classificação americana (ESTADOS UNIDOS, 1975), é um Paleudalf óxico. Este tipo de solo apresenta um perfil homogêneo muito profundo, com lençol freático a vários metros abaixo da sua superfície.

Muitas culturas foram pesquisadas anteriormente nessa área, sendo as principais: pastagens, café, cana-de-açúcar, arroz de sequeiro, feijão e milho. As duas últimas culturas estiveram recentemente instaladas na área (1/3 feijão e 2/3 milho).

3.3. Dimensões da área

Com 4810 metros quadrados, a área experimental foi locada com 37 m no sentido SW-NE e 130 m no sentido NW-SE e estaqueada de 10 em 10 metros, conforme a Figura 5. As estacas representam a localização espacial de cada metro quadrado estudado.

3.4. Caracterização da cultura

A cultura instalada foi arroz de sequeiro, cultivar 164, desenvolvido pelo Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, em 1980. Este cultivar apresenta ciclo precoce, porte médio, resistência moderada ao acamamento e à seca, sensibilidade moderada ao Brusone, e sua origem vem da hibridação e seleção posterior dos cultivares Dourado Precoce e IAC-1246 (FONSECA et alii, 1983).

3.5. Práticas agronômicas

A adubação manual constou de 10 g por metro linear, da

FIGURA 5 - Dimensões da área experimental.

fórmula 10:10:10, correspondendo a 200 Kg de NPK/ha, visando as necessidades nutricionais da cultura e a manutenção da fertilidade do solo.

A análise química do solo apresentou os seguintes resultados (média de 52 amostras): 0,20 me PO_4^- / 100 ml de terra; 0,55 me K^+ / 100 ml de terra; 4,57 me Ca^{++} / 100 ml de terra; 1,19 me Mg^{++} / 100 ml de terra; 0,12 me Al^{+++} / 100 ml de terra; 2,93 me H^+ / 100 ml de terra e 1,06% de carbono orgânico.

Após a adubação em 16/10/84, foi realizada a semeadura manual em 17/10/84, com 60 sementes viáveis por metro linear e espaçamento de 50 cm entre linhas.

A capina manual foi necessária duas vezes antes das plantas atingirem 40 cm de altura.

No final da fase vegetativa, a irrigação foi necessária, sendo realizada por aspersão, procurando-se manter uniformidade na distribuição de água.

A colheita individual da amostragem de cada metro quadrado foi iniciada aos 117 dias após a semeadura, sendo terminada em três dias. A área total foi colhida em seguida.

3.6. Amostragens e determinações

Todas as amostras tiveram como referência as 52 estacas, as quais foram identificadas por uma letra e um número, conforme Figura 5.

3.6.1. Solo

Para as determinações, tanto químicas quanto físicas do solo, a camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade) foi amostrada junto às estacas, em duas fases: uma, antes da adubação (a.a.) e outra, pós-colheita (p.c.).

As determinações analíticas, exceto Zn, feitas no Laboratório de rotina do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ/USP, foram:

- Análise Física

- granulometria: pelo método da pipeta (KILMER & ALEXANDER, 1949) e com dispersão das amostras, feitas segundo PAULETTO (1978).

- Análises Químicas

- Zn: feita no laboratório de Nutrição Mineral do Departamento de Química, pela extração com DTPA e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica (seguindo metodologia descrita por LINDSAY & NORVELL, 1978).

As análises a seguir seguiram metodologia descrita por CATANI & JACINTHO (1974):

- pH em água: pelo potenciômetro, numa relação solo/água de 1:2,5.
- carbônico orgânico: por via úmida, através da oxidação com $K_2Cr_2O_7$ em presença de H_2SO_4 e titulação do excesso do oxidante com $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.
- fósforo: por extração com H_2SO_4 0,05N e leitura em fotocolorímetro.
- cálcio e cálcio + magnésio: pela extração com KCl

1N e titulação com EDTA.

- potássio: pela fotometria de chama, após extração com ácido nítrico 0,05N.
- alumínio: pela extração com KCl 1N e titulação com NaOH 0,025N.
- acidez titulável pela extração com acetato de cálcio pH 7,0 e titulação com NaOH 0,025N.

3.6.2. Planta

Para as determinações dos teores de N, P, K e Zn e para a avaliação dos parâmetros de produção e da altura das plantas, a área de 1 metro quadrado, correspondente a cada estaca, foi considerada conforme a Figura 6.

Em cada metro quadrado de terreno, além das contagens e medidas feitas a campo, foram coletadas 20 plantas (parte aérea) representativas desta área. Destas vinte plantas, dez foram usadas para a contagem e pesagem dos grãos e as outras dez, para a determinação da matéria seca e análise de teores de nutrientes.

3.6.2.1. Produção e seus componentes

- número de perfilhos por metro quadrado: contados por ocasião da colheita;
- número de panículas por metro quadrado: contados por ocasião da colheita;
- porcentagem de grãos chochos: obtida pela divisão do número de grãos chochos por metro quadrado pelo número total dos grãos por

FIGURA 6 - Localização de áreas de estudo por estaca.

- metro quadrado, sendo o resultado multiplicado por 100;
- número de grãos cheios por panícula: obtido pela contagem de todos os grãos cheios em cada 10 panículas representativas de um metro quadrado e divisão por 10;
 - produção de grãos (g/m^2): obtida pela pesagem dos grãos cheios de 10 panículas, secos em estufa a 60°C até peso constante, e, após feita a correção para 13% de umidade, foi realizado o cálculo para o número de panículas por metro quadrado;
 - peso de 100 grãos (g): obtido pela divisão do peso dos grãos cheios em 10 plantas pelo número de grãos cheios nestas 10 plantas representativas de cada metro quadrado, sendo o resultado multiplicado por 100;
 - perfilhamento efetivo: obtido pela divisão do número de panículas por metro quadrado pelo número de perfilhos totais nesta mesma área.

3.6.2.2. Altura

A altura (cm) foi medida por ocasião da colheita, do nível do solo até a extremidade da panícula do colmo mais alto, de acordo com EMBRAPA (1977). Cada metro quadrado foi separado em 10 grupos de plantas, obtendo-se, assim, a média de 10 medidas por metro quadrado.

3.6.2.3. Rendimento de matéria seca

As 10 plantas coletadas, para esta determinação e para a análise do teor de nutrientes, foram lavadas em água de torneira, a seguir com solução de HCl 0,02N e, finalmente, duas vezes em água destilada. Após, foram levadas à estufa a 60°C por 48 ho-

ras, sendo, então, pesadas. Assim foi avaliado o rendimento de matéria seca da parte aérea, compreendendo: colmos, folhas, rãquis e panículas (grãos chochos e cheios) de 10 plantas representativas de cada metro quadrado. O valor de massa obtido foi multiplicado pelo número de perfilhos/m², obtendo-se a massa de matéria seca em g/m².

3.6.2.4. Índice de colheita

O índice de colheita foi obtido pela relação entre a produção de grãos e o rendimento de matéria seca da parte aérea (DONALD, 1962).

3.6.2.5. Análise química

As 10 plantas utilizadas na determinação do rendimento de matéria seca foram moídas em moinho Wiley até passarem por peneira 60 (malha de diâmetro igual a 0,25 mm) e encaminhadas ao laboratório de análise de plantas do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, em Campinas (SP).

Conforme BATAGLIA et alii (1978), as plantas foram analisadas para os teores de:

- nitrogênio: pela digestão com ácido sulfúrico e destilação da amônia em micro-Kjeldahl e titulação com solução de HCl.
- fósforo: pela digestão com ácido e determinação colorimétrica do complexo fosfovanado-molibdico.
- potássio e zinco: pela digestão com ácido e determinação do elemento por espectrofotometria de absorção atômica.

3.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados e interpretados através da Teoria das Variáveis Regionalizadas (Geoestatística), procedendo a autocorrelação e semivariância, conforme os programas no Anexo A, baseados nas informações fornecidas por CLARK (1979), VIEIRA (1981) e VIEIRA et alii (1983).

3.7.1. Autocorrelação

A análise da autocorrelação foi feita para examinar a relação espacial dos parâmetros relacionados ao solo e à planta.

Estando os pontos distanciados regularmente, onde a unidade básica de distância é o "lag" (L), foram determinados os coeficientes de autocorrelação $r(L)$ para diversos "lags", nas direções: (i) do comprimento do experimento, obtendo-se o $r(L)$ para uma direção; (ii) do comprimento e largura, obtendo-se o $r(L)$ médio para duas direções; e (iii) do comprimento, largura e todas as diagonais, obtendo-se o $r(L)$ médio para todas as direções. O coeficiente de autocorrelação foi estimado pela eq. (9) (WARRICK & NIELSEN, 1980).

$$r_L = C_L / (S)^2 \quad (9)$$

com

$$C_L = \left(\frac{1}{n-L-1} \right) \sum_{i=1}^{n-L} (Z_{(x)} - m) (Z_{(x+L)} - m)$$

e

$$S = \left(\sum_{i=1}^n (Z_{(x)} - m)^2 / (n-1) \right)^{1/2}$$

onde $r(L)$ é o coeficiente de autocorrelação no "lag" L ; m é a média ($m = \sum_{x=1}^n Z_{(x)} / n$); S é o desvio padrão dos n valores observados e cada um "lag" L foi equivalente a 10 m.

Com os valores calculados da autocorrelação para os vários intervalos, construíram-se os autocorrelogramas, os quais são diagramas de autocorrelação em função do "lag" L (valor 1 para o vizinho mais próximo, 2 para o seguinte com dois intervalos de L , valores fracionados para os casos de pontos distanciados em diagonais e assim por diante, conforme a Figura 7).

3.7.2. Semivariograma

A dependência espacial entre observações vizinhas de uma mesma série também foi expressa através de semivariogramas, os quais são diagramas dos valores da semivariância em função da distância.

A semivariância é definida por VAUCLIN et alii (1982), como metade da variância da diferença ($Z_{(x)} - Z_{(x+L)}$), onde Z é o valor da observação, x é a posição de uma determinada amostra, $x+L$ é a posição da outra amostra, e L é a orientação relativa de uma em relação a outra do par de amostras estudadas ("lag").

Pela equação 8 (item 2.2.3) foi calculada a semivariância, onde n é o número de pares de observações.

Para o semivariograma, utilizaram-se, além de todas as direções, a decomposição em quatro ângulos, conforme Figura 8.

FIGURA 7 - Exemplo da tomada de pares para o autocorrelograma.

FIGURA 8 - Ângulos de decomposição do semivariograma.

3.7.3. Alcance

O tamanho de possíveis parcelas independentes e o número de amostras a serem coletadas na área, foram estabelecidos através do alcance para cada parâmetro estudado.

O alcance, também denominado raio de influência, indica a distância entre observações além da qual a dependência é considerada nula.

Três metodologias foram seguidas para sua determinação: (i) escala integral; (ii) intervalo de confiança; e (iii) erro padrão do gama.

(i) A escala integral é a área abaixo da curva da função de autocorrelação. Para processos bidimensionais, a escala integral (E.I.) é definida pela eq. 3 (item 2.2.2), indicando o tamanho de uma subunidade dentro do campo, que pode ser considerada homogênea, com respeito às propriedades ou parâmetros em estudo (BRESLER et alii, 1981; GUROVICH & STERN, 1983a).

Os semivariogramas, correspondentes a cada autocorrelograma, foram sempre consultados, suprimindo dúvidas ou confirmando o seu comportamento.

(ii) O intervalo de confiança de 95% (eq. 4, item 2.2.2) foi utilizado para verificação dos limites superior e inferior, de valores de $r(L)$, os quais não diferem de zero, deixando assim de estarem correlacionados. O número total de observações foi de $n = 52$ e o número de "lags" considerados foi de até $L = 7$, uma vez que as observações foram subdivididas em quatro linhas de 13 cada. Com isto, procurou-se manter a validade do critério segundo HAAN (1977) (item 2.2.2).

Desta forma, os limites superior e inferior foram de $r(L) = 0,2521$ e $r(L) = -0,2914$, respectivamente.

Realizou-se também o intervalo de confiança para a variância (qui-quadrado), o qual é válido para populações de distribuição normal (SNEDECOR & COCHRAN, 1980, página 103). Este intervalo visou verificar quando a semivariância não difere da variância da população amostrada. À medida que a distância aumenta, os valores de $\gamma(L)$ tendem a girar ao redor da variância da população amostrada representado por um patamar ("sill") no gráfico do semivariograma, indicando independência entre cada amostra.

(iii) O erro padrão do gama (EPG) foi calculado segundo VIEIRA (1982) pela eq.(10) e eq.(11).

$$EPG = \sqrt{GV} / \sqrt{n-L} \quad (10)$$

$$GV = \frac{1}{n(L)} \cdot \sum \left[\frac{(Z_{(x)} - Z_{(x+L)})^2}{2} \right]^2 - \gamma_{(L)}^2 \quad (11)$$

onde GV é a variação dos gamas médios; n-L é o número de pares a considerar; $n_{(L)}$ é o número de pontos amostrados; Z é o valor da observação; x é a posição; L é o "lag" e $\gamma_{(L)}$ é o valor da semivariância estimado por S^2 (eq. 8), para um determinado "lag".

Através do erro de cada gama, foi possível estabelecer os $\gamma_{(L)}$ que não diferiram da variância da população amostrada, auxiliando, também, na determinação do alcance, ou seja, a distância dentro da qual existe dependência entre as amostras.

4. RESULTADOS

Os valores de todos os parâmetros obtidos a partir de medições a campo, de análises de laboratório e de equações utilizando dados originais, estão apresentados no Anexo B. No Anexo C encontram-se os resultados calculados para a função autocorrelação, $r(L)$, e para a função semivariância, $\gamma(L)$.

A Tabela 1 contém a média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de simetria e curtose, para as 52 amostras de cada variável considerada.

Os autocorrelogramas e semivariogramas podem ser observados nos gráficos das Figuras de 9 a 41, os quais foram elaborados levando em consideração uma direção (90°), duas direções (0° e 90°) e todas as direções da distribuição das amostras no campo, conforme Figura 7.

Os gráficos das Figuras 42 e 43 exemplificam uma situação de limite fixo para o autocorrelograma (eq. 4) e semivariograma (SNEDECOR & COCHRAN, 1980), respectivamente. Estes dois gráficos indicam ainda o alcance, pelo valor $\underline{a}$. Um exemplo para limite variável, considerando o número de pares, é apresentado para o autocorrelograma na Figura 44 e para semivariograma na Figura 45, indicando, também, os respectivos alcances (λ).

Através de diversas formas de se obter o alcance de cada variável, foi construída a Tabela 2. Nesta, constam os resul-

tados da escala integral (E.I., eq. 3), o ponto aproximado (k_a e k_v), onde a função autocorrelograma atinge o zero e a função semivariância atinge a variância da população ("comprimento da autocorrelação" e "comprimento da semivariância", respectivamente) e o ponto aproximado, valor $\underline{a}$ (eq. 4), onde a função autocorrelação atinge o limite fixo superior, abaixo do qual não é significativamente diferente de zero ($r(L) = 0,2521$).

O gráfico da Figura 46 exemplifica uma situação de decomposição do semivariograma para as direções 0° , 90° , 45° e -45° , onde também se observa o semivariograma que engloba todas as direções.

Outro exemplo de possível obtenção de alcance é encontrado no gráfico da Figura 47, o qual mostra a amplitude do erro do gama médio, calculado pela eq. (10).

TABELA 1 - Momentos estatísticos para 52 amostras.

parâmetro	média	variância	desvio padrão	coeficiente variação	coeficiente simetria	curtose
produção g/m ²	397,96	23381,14	152,91	0,3842	0,1484	2,7822
matéria seca g/m ²	640,73	29619,69	172,10	0,2686	-0,2858	2,1061
altura planta cm	103,23	83,35	9,1300	0,0884	0,4052	2,7674
perfilhamento efetivo	0,8942	3,8759.10 ⁻³	6,2256.10 ⁻²	0,0696	-0,3047	3,2489
nº perfilhos/m ²	158,71	1274,09	35,69	0,2249	-0,4056	2,2151
nº panículas/m ²	141,87	1076,86	32,82	0,2313	-0,3235	2,2464
nº grãos cheios/panícula	2,7483	5,1994.10 ⁻¹	7,2107.10 ⁻¹	0,2624	-0,2756	2,6661
peso de 100 grãos g	3,0765	1,2363.10 ⁻¹	3,5160.10 ⁻¹	0,1143	-1,1749	3,4733
grãos chochos %	20,68	205,23	14,33	0,6926	0,9851	2,5976
índice de colheita	0,6263	3,6306.10 ⁻²	1,9054.10 ⁻¹	0,3042	-0,2527	2,4469
<u>solo</u>						
pH (a.a.) ¹	6,1596	3,3827.10 ⁻²	1,8392.10 ⁻¹	0,0299	-0,0759	1,8902
pH (p.c.) ²	6,2115	2,8491.10 ⁻²	1,6879.10 ⁻¹	0,0272	0,3022	2,8688
C org. (a.a.) %	1,0644	6,7231.10 ⁻³	8,1995.10 ⁻²	0,0770	-0,5786	3,4032
C org. (p.c.) %	1,0413	8,9766.10 ⁻³	9,4745.10 ⁻²	0,0910	0,0406	2,1572
fósforo (a.a.) ³	0,1956	3,9350.10 ⁻³	6,2729.10 ⁻²	0,3207	0,5496	2,6965
fósforo (p.c.) ³	0,1921	5,5190.10 ⁻³	7,4290.10 ⁻²	0,3867	2,0029	10,0052

(continua)

TABELA 1 - Momentos estatísticos para 52 amostras.

parâmetro	média	variância	desvio padrão	coeficiente variação	coeficiente simetria	curtose
potássio (a.a.) ³	0,5502	7,3078.10 ⁻³	8,5486.10 ⁻²	0,1553	0,3094	2,8393
potássio (p.c.) ³	0,4860	7,7814.10 ⁻³	8,8212.10 ⁻²	0,1815	-0,3242	2,6525
cálcio (a.a.) ³	4,5727	3,6606.10 ⁻¹	6,0503.10 ⁻¹	0,1323	1,3099	4,7720
cálcio (p.c.) ³	4,4550	3,9321.10 ⁻¹	6,2706.10 ⁻¹	0,1408	1,1515	4,5947
magnésio (a.a.) ³	1,1921	4,8209.10 ⁻²	2,1957.10 ⁻¹	0,1842	2,2118	11,2505
magnésio (p.c.) ³	1,1192	7,5329.10 ⁻²	2,7446.10 ⁻¹	0,2452	1,4753	6,4455
alumínio (a.a.) ³	0,1160	1,8533.10 ⁻⁴	1,3614.10 ⁻²	0,1174	0,9218	3,2948
alumínio (p.c.) ³	0,1329	4,4446.10 ⁻⁴	2,1082.10 ⁻²	0,1587	0,0813	2,8152
hidrogênio (a.a.) ³	2,9294	1,2981.10 ⁻¹	3,6029.10 ⁻¹	0,1230	0,0641	2,1232
hidrogênio (p.c.) ³	3,2988	1,3668.10 ⁻¹	3,6970.10 ⁻¹	0,1121	-0,2937	3,1236
soma de bases (a.a.) ³	6,3115	4,9332.10 ⁻¹	7,0236.10 ⁻¹	0,1113	1,3213	5,5316
soma de bases (p.c.) ³	6,0454	5,1454.10 ⁻¹	7,1731.10 ⁻¹	0,1187	0,9260	3,3763
CTC (a.a.) ³	9,3604	3,9898.10 ⁻¹	6,3165.10 ⁻¹	0,0675	0,6020	3,6323
CTC (p.c.) ³	9,4973	3,1896.10 ⁻¹	5,6476.10 ⁻¹	0,0595	0,5404	2,7307
zinco (a.a.) ppm	3,4092	3,6870.10 ⁻¹	6,0720.10 ⁻¹	0,1781	0,0568	4,0806
zinco (p.c.) ppm	3,7850	5,3832.10 ⁻¹	7,3370.10 ⁻¹	0,1938	1,7079	9,9755
argila (a.a.) %	48,73	10,90	3,3011	0,0677	-0,0338	2,1260
argila (p.c.) %	45,98	8,64	2,9394	0,0639	0,0833	2,3207

(continua)

TABELA 1 - Momentos estatísticos para 52 amostras.

parâmetro	média	variância	desvio padrão	coeficiente variação	coeficiente simetria	curtose
areia (a.a.) %	32,03	2,53	1,5909	0,0497	0,2755	2,5516
areia (p.c.) %	32,49	2,71	1,6457	0,0506	-0,1307	2,0827
silte (a.a.) %	19,23	7,81	2,8082	0,1460	-0,0614	3,2305
silte (p.c.) %	21,53	4,34	2,0834	0,0968	0,2711	2,5060
<u>planta</u>						
nitrogênio %	0,7227	$2,1165 \cdot 10^{-2}$	$1,4548 \cdot 10^{-1}$	0,2013	0,9416	3,4723
fósforo %	0,1561	$8,8530 \cdot 10^{-4}$	$2,9754 \cdot 10^{-2}$	0,1906	0,9639	4,8561
potássio %	1,3292	$6,6662 \cdot 10^{-2}$	$2,5819 \cdot 10^{-1}$	0,1942	0,0570	2,9568
zinco ppm	39,74	87,95	9,3784	0,2360	0,7341	3,2486
P/Zn	40,85	100,09	10,0047	0,2449	0,0458	1,7547
extração N g/m^2	4,6471	2,56	1,5993	0,3441	0,2134	2,0796
extração P g/m^2	0,9779	$6,5727 \cdot 10^{-2}$	$2,5637 \cdot 10^{-1}$	0,2622	0,2797	2,2666
extração K g/m^2	8,5252	8,49	2,9142	0,3418	0,2310	2,0307
extração Zn mg/m^2	25,56	82,61	9,4661	0,3703	0,3820	2,0576

1 (a.a.) = antes da adubação

2 (p.c.) = pós-colheita

3 $\text{me}/100\text{ml}$ de terra

FIGURA 9 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da produção de arroz para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 10 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da matéria seca para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 11 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da altura de plantas para uma (■), duas (▲) e todas (●) as direções.

FIGURA 12 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do perfilha-
mento efetivo para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as dire-
ções.

FIGURA 13 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do número de perfis para uma ($\blacksquare$), duas ($\blacktriangle$) e todas ($\bullet$) as direções.

FIGURA 14 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do número de panículas para uma ($\blacksquare$), duas (Δ) e todas ($\bullet$) as direções.

FIGURA 15 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do número de grãos cheios/panícula para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 16 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do peso de 100 grãos para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 17 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da % de grãos chochos para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 18 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do índice de colheita para uma ($\square$), duas (Δ) e todas ($\circ$) as direções.

FIGURA 19 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do pH do solo antes da adubação ($\Delta, \triangle$) e pós-colheita ($\bullet, \circ$) para uma ($\Delta, \bullet$), duas ($\square$) e todas ($\triangle, \circ$) as direções.

FIGURA 20 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do carbono orgânico do solo antes da adubação ($\triangle, \triangle$) e pós-colheita ($\bullet, \bullet$) para uma ($\triangle, \bullet$), duas ($\square$) e todas ($\triangle, \bullet$) as direções.

FIGURA 21 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do fósforo do solo antes da adubação (▲, ▲) e pós-colheita (●, ●) para uma (▲, ●), duas (□) e todas (▲, ●) as direções.

FIGURA 22 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do potássio do solo antes da adubação ($\triangle, \triangle$) e pós-colheita ($\bullet, \bullet$) para uma ($\triangle, \bullet$), duas ($\square$) e todas ($\triangle, \bullet$) as direções.

FIGURA 23 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do cálcio do solo antes da adubação ($\triangle, \triangle$) e pós-colheita ($\circ, \circ$) para uma ($\triangle, \circ$), duas ($\square$) e todas ($\triangle, \circ$) as direções.

FIGURA 24 - Autocorrêlogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do magnésio do solo antes da adubação (▲, △) e pós-colheita (●, ○) para uma (▲, ●), duas (□) e todas (▲, ●) as direções.

FIGURA 25 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do alumínio do solo antes da adubação ($\triangle, \blacktriangle$) e pós-colheita ($\circ, \bullet$) para uma ($\triangle, \bullet$), duas ($\square$) e todas ($\triangle, \circ$) as direções.

FIGURA 26 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do hidrogênio do solo antes da adubação ($\blacktriangle, \triangle$) e pós-colheita ($\bullet, \circ$) para uma ($\blacktriangle, \bullet$), duas ($\square$) e todas ($\blacktriangle, \bullet$) as direções.

FIGURA 27 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da soma de bases antes da adubação ($\Delta, \triangle$) e pós-colheita ($\circ, \odot$) para uma ($\triangle, \odot$), duas ($\square$) e todas ($\triangle, \circ$) as direções.

FIGURA 28 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da CTC antes da adubação ($\blacktriangle, \triangle$) e pós-colheita ($\bullet, \odot$) para uma ($\blacktriangle, \odot$), duas ($\square$) e todas ($\blacktriangle, \bullet$) as direções.

FIGURA 29 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do zinco do solo antes da adubação ($\Delta, \blacktriangle$) e pós-colheita ($\circ, \bullet$) para uma ($\blacktriangle, \bullet$), duas ($\square$) e todas ($\Delta, \circ$) as direções.

FIGURA 30 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da argila antes da adubação ($\Delta, \triangle$) e pós-colheita ($\bullet, \odot$) para uma ($\Delta, \odot$), duas ($\square$) e todas ($\Delta, \bullet$) as direções.

FIGURA 31 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da areia antes da adubação (▲,▲) e pós-colheita (●,●) para uma (▲,●), duas (□) e todas (▲,●) as direções.

FIGURA 32 - Autocorrêlogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do silte antes da adubação ($\Delta, \triangle$) e pós-colheita ($\bullet, \odot$) para uma ($\Delta, \bullet$), duas ($\square$) e todas ($\triangle, \bullet$) as direções.

FIGURA 33 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do teor de nitrogênio na planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 34 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do teor de fósforo na planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 35 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do teor de potássio na planta para uma (■), duas (Δ) e todas (•) as direções.

FIGURA 36 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ do teor de zinco na planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 37 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da relação P/Zn na planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 38 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da extração de nitrogênio pela planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 39 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da extração de fósforo pela planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 40 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da extração de potássio pela planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 41 - Autocorrelogramas, $r(L)$ e semivariogramas, $\gamma(L)$ da extração de zinco pela planta para uma (■), duas (Δ) e todas (●) as direções.

FIGURA 42 - Limites fixos de significância (95%). Autocorrelograma da produção de arroz (a*) e teor de zinco na planta (aΔ). Uma direção.

FIGURA 43 - Limites fixos de significância (95%). Semivariograma da produção de arroz (uma direção).

FIGURA 44 - Limites de significância (95%) para cada $r(L)$, considerando o número de pares. Autocorrelograma da produção de arroz (*) e teor de zinco na planta (Δ) (ppm). Uma direção.

FIGURA 45 - Limites de significância (95%) para cada $\gamma(L)$, considerando o número de pares. Semivariograma da produção de arroz (todas as direções • e duas direções ◻).

TABELA 2 - Alcance para cada parâmetro, em metros, obtido pela escala integral (E.I.), "comprimento da autocorrelação" (ka), "comprimento da semivariância" (kv) e limite superior da autocorrelação (a).

parâmetro	uma direção				duas dir.	todas dir.
	ka	kv	a	E.I.	E.I.	E.I.
produção g/m ²	33,5	33,5	23,5	17,33	17,12	13,78
matéria seca g/m ²	>	>	34,5	>29,18	>29,05	-
altura planta cm	>	>	>70,0	>55,65	>53,10	-
perfilhamento efetivo	22,5	33,0	<10,0	-	-	-
nº perfilhos/m ²	>	>	21,5	>27,15	-	-
nº panículas/m ²	54,5	56,5	23,5	21,52	-	-
nº grãos cheios/panícula	28,5	29,0	<10,0	-	-	-
peso de 100 grãos g	27,5	41,5	13,5	13,07	13,95	12,44
grãos chochos %	28,5	33,5	16,5	13,99	11,54	13,36
índice de colheita	23,5	25,5	<10,0	-	-	-
<u>solo</u>						
pH (a.a.)	28,0	28,5	21,5	17,40	18,86	20,12
pH (p.c.)	22,5	23,0	16,0	12,59	16,35	18,14
C org. (a.a.) %	>	>	42,5	>38,51	>35,97	-
C org. (p.c.) %	>	>	44,0	>37,20	>33,56	10,66
P (a.a.) ¹	38,5	38,0	26,5	20,16	18,55	14,00
P (p.c.) ¹	34,0	28,5	23,5	16,41	14,89	13,32
K (a.a.) ¹	60,0	62,0	33,5	27,92	24,64	13,99
K (p.c.) ¹	34,0	38,0	18,0	15,67	12,61	12,55
Ca (a.a.) ¹	36,0	31,5	27,0	20,15	18,81	16,44
Ca (p.c.) ¹	41,0	36,0	31,0	24,35	21,09	18,26
Mg (a.a.) ¹	>	20,0	<10,0	-	-	-
Mg (p.c.) ¹	20,0	17,5	<10,0	-	23,89	11,63
Al (a.a.) ¹	16,0	14,0	<10,0	-	-	-
Al (p.c.) ¹	10,0	32,5	<10,0	-	-	-
H (a.a.) ¹	30,5	31,0	24,0	18,78	18,51	18,65
H (p.c.) ¹	32,5	31,0	25,5	19,36	19,72	20,32

(continua)

TABELA 2 - Alcance para cada parâmetro, em metros, obtido pela escala integral (E.I.), "comprimento da autocorrelação" (ka), "comprimento da semivariância" (kv) e limite superior da autocorrelação (a).

parâmetro	uma direção				duas dir.	todas dir.
	ka	kv	a	E.I.	E.I.	E.I.
soma de bases (a.a.) ¹	34,5	32,0	25,5	19,41	18,92	16,05
soma de bases (p.c.) ¹	27,5	25,5	21,0	16,00	17,96	19,98
CTC (a.a.) ¹	>	>	>70,0	>50,60	>47,42	11,40
CTC (p.c.) ¹	28,5	25,5	20,5	16,99	15,56	12,57
Zn (a.a.) ppm	>	>	17,5	>33,97	-	-
Zn (p.c.) ppm	>	19,5	14,5	>33,48	-	-
argila (a.a.) %	49,5	63,0	26,5	23,83	20,21	13,18
argila (p.c.) %	>	>	28,5	>31,30	>28,13	13,23
areia (a.a.) %	31,5	35,5	17,0	14,67	14,43	13,59
areia (p.c.) %	55,0	58,5	28,0	23,88	21,75	13,70
silte (a.a.) %	>	70,0	25,0	>30,01	14,42	-
silte (p.c.) %	24,0	13,0	17,5	13,65	13,46	12,71
<u>planta</u>						
N %	66,5	67,0	36,0	>30,35	29,80	18,84
P %	43,5	55,5	22,0	16,44	-	-
K %	37,5	38,0	31,0	21,27	22,32	21,62
Zn ppm	44,5	46,5	33,5	26,10	25,48	22,21
P/Zn	46,0	46,5	33,5	26,06	24,49	20,11
extração N g/m ²	>	>	>70,0	>46,64	>44,21	-
extração P g/m ²	>	>	18,0	>28,39	>27,66	-
extração K g/m ²	>	>	46,5	>36,41	>34,64	-
extração Zn mg/m ²	>	70,0	43,5	>34,10	>32,06	-

¹ me/100ml de terra

(a.a.) = antes da adubação

(p.c.) = pós-colheita

FIGURA 46 - Decomposição do semivariograma em quatro direções em comparação com todas as direções. Cálcio (p.c.).

FIGURA 47 - Alcance (λ) obtido através da amplitude do erro do gama médio (eq. 11), pH (p.c.).

5. DISCUSSÃO

Analisando os dados da Tabela 1, observa-se que o maior coeficiente de variação encontrado foi de 69%, referente à percentagem de grãos chochos por metro quadrado. De forma geral, o coeficiente de variação para os parâmetros referentes à planta foram mais elevados do que os referentes ao solo, onde o menor valor foi encontrado na determinação do pH (próximo a 3%). Os momentos estatísticos, como coeficiente de simetria, próximo a zero, e curtose, ao redor de três, indicam que a maioria das variáveis apresentou distribuição normal. Apenas para o fósforo (p.c.), magnésio (a.a. e p.c.), soma de bases (a.a.) e zinco (a.a. e p.c.), nas análises de solos, e para percentagem de fósforo na análise de planta, os valores das observações se concentraram ao redor da média, o que é representado por elevados valores de curtose. O afastamento de zero, para o coeficiente de simetria, indica um alongamento da cauda da distribuição dos dados observados, em relação à curva da distribuição normal. O alongamento para a direita é representado principalmente no caso do fósforo (p.c.) e do magnésio (a.a.), e uma leve tendência à esquerda pode ser indicada pelo coeficiente de simetria do peso de 100 grãos (SPIEGEL, 1976).

A importância da distribuição normal, enfatizada por HAAN (1977), no estabelecimento de limites, é justificada pelo fato deste intervalo de confiança depender de tabelas estatísticas ba-

seadas nessa distribuição. Portanto, tanto para $r(L)$ como para $\gamma(L)$, os limites foram interpretados com cautela em situações de distribuição não normal.

5.1. Autocorrelogramas e semivariogramas para uma direção

Os autocorrelogramas foram divididos em três classes, conforme Figura 1, sugerida por GAJEM et alii (1981) (item 2.2.2.).

Entre os autocorrelogramas que se assemelharam à Figura 1a, com redução gradativa do $r(L)$ até atingir zero, dentro da distância em estudo, encontraram-se duas categorias: i) os que oscilaram ao redor de zero nos últimos intervalos ("lags") e ii) os que continuaram decrescendo, apresentando valores, significativamente, negativos. A primeira categoria foi aqui representada pelos autocorrelogramas obtidos com: a produção de arroz, número de panículas, percentagem de nitrogênio e relação P/Zn na planta; e no solo com potássio (a.a. e p.c.), cálcio (a.a. e p.c.), CTC (p.c.), argila (a.a.), areia (a.a. e p.c.) e silte (p.c.) (Figuras 9a, 14a, 33a, 37a, 22a, 23a, 28a, 30a, 31a e 32a, respectivamente). Estes não ultrapassam o limite inferior, como no exemplo da Figura 42, o que, conforme DAVIS (1973), indica independência dos dados após certa distância. A segunda categoria de autocorrelogramas semelhantes à Figura 1a foi encontrada em: percentagem de grãos, peso de 100 grãos, percentagem de fósforo, potássio e zinco na planta; e no solo os valores de pH (a.a. e p.c.), fósforo (a.a. e p.c.), hidrogênio (a.a. e p.c.) e soma de bases (a.a. e p.c.) (Figuras 17a, 16a, 34a, 35a, 36a, 19a, 21a, 26a e 27a, respectivamente). Nesses

gráficos, a função autocorrelação prossegue decrescendo, apresentando valores significativamente negativos. Enquanto, segundo VAUCLIN et alii (1982), este tipo de série espacial não pode ser caracterizado pela autocorrelação por apresentar tendências, outros autores, como GUROVICH & STERN (1983) consideram a existência de uma correlação negativa. No caso em questão, os valores da origem poderiam estar negativamente relacionados com os valores distanciados em torno de 60 a 70 metros, mas os semivariogramas correspondentes não confirmam esta interpretação, uma vez que a maioria indicou valores de $\gamma(L)$ crescentes. É importante salientar que, embora se tenha procurado uma justificativa para esta última categoria, cuidados devem ser tomados neste tipo de raciocínio, pois os pares das observações decrescem com o aumento da distância, ampliando os limites de significância, conforme mostra o exemplo da Figura 44.

O perfilhamento efetivo, número de grãos cheios, índice de colheita, magnésio (a.a. e p.c.) no solo e alumínio (a.a. e p.c.) no solo (Figuras 12a, 15a, 18a, 24a e 25a, respectivamente) apresentaram valores de $r(L)$ não diferente de zero já no primeiro "lag" (com 95% de significância), sendo seus autocorrelogramas análogos à Figura 1b. Os dados desses parâmetros não denotam autocorrelação acima de 10 metros, podendo, portanto, conforme GAJEM et alii (1981), serem considerados independentes.

Os parâmetros que se assemelharam à Figura 1c, apresentando autocorrelação a longo alcance, foram: matéria seca, altura de plantas, número de perfilhos, carbono orgânico (a.a. e p.c.), zinco do solo (a.a. e p.c.), CTC (a.a.), silte (a.a.), argila (p.c.) e extração pela planta de nitrogênio, fósforo, potássio e zinco

(Figuras 10a, 11a, 13a, 20a, 29a, 28a, 32a, 30a, 38a, 39a, 40a e 41a, respectivamente).

O estudo da relação de dependência espacial entre as observações pode ser realizado, também, através da estrutura da variância (DAVIS, 1973; WEBSTER, 1985). A avaliação da estrutura da variância foi de maior importância quando o autocorrelograma correspondente apresentou valores negativos de significância ou quando a função autocorrelação do parâmetro em estudo não foi sequencialmente decrescente.

A maioria dos autocorrelogramas do tipo da Figura 1b, esteve vinculada a semivariogramas com puro efeito pepita (efeito "nugget" puro) (Figuras 12b, 18b, 24b e 25b), confirmando, de acordo com DAVID (1985), a independência dos dados acima do intervalo de amostragem.

Os semivariogramas das Figuras 20b e 29b (carbono orgânico e zinco no solo, respectivamente, ambos a.a. e p.c.), não definiram estrutura, embora apresentem algum tipo de relação de dependência. Estas funções poderiam ficar melhor definidas se o experimento tivesse sido executado em maior extensão, onde as distâncias acima de 70 metros seriam consideradas, visando manter o critério sugerido por HAAN (1977).

5.2. Autocorrelogramas e semivariogramas para duas e todas as direções

Ao serem comparadas as Figuras de 9a a 41a com as Figuras de 9c a 41c, observa-se que para a maioria ocorreu redução de $r(L)$ desde os "lags" iniciais. Isto mostra a interferência progres-

siva na relação de dependência espacial, quando foi acrescentada a direção 0° (para duas direções) e as diagonais (para todas as direções). Apenas número de grãos chochos, índice de colheita, magnésio no solo (a.a. e p.c.) e alumínio no solo (a.a. e p.c.) obtiveram pequena elevação na função autocorrelação, com o aumento das direções em estudo (Figuras 17c, 18c, 24c e 25c, respectivamente).

Os semivariogramas mostrados pelas Figuras de 9d a 41d refletem esta redução na dependência espacial, indicando maiores valores para $\gamma(L)$, exceto os das Figuras 21d (p.c.) e 27d (p.c.).

Inclusive as modificações na estrutura de muitos semivariogramas podem ser observados confrontando as Figuras de 9b a 41b com as Figuras de 9d a 41d. Constata-se, ainda, que quase sempre os valores das diagonais foram muito discrepantes, apresentando pontos dispersos a serem analisados. Estas flutuações parecem conduzir a resultados conflitantes, quando os gráficos são avaliados pelos limites fixos (Figura 43). Mas, quando o número de pares das observações é considerado para cada $\gamma(L)$ (Figura 45), verifica-se que os pontos referentes às diagonais, mais discrepantes do conjunto, são aqueles com menor número de pares e, portanto, possuem grande intervalo entre os limites de significância da variância total das amostras.

5.3. Alcance

Vários enfoques podem ser dados em relação à medida de alcance, quando se utiliza o "comprimento da autocorrelação" (k_a) ou o "comprimento da semivariância" (k_v). Provindo de funções equivalentes (VIEIRA, 1981), estes valores devem guardar estreita relação in-

dicando o espaço além do qual as amostras não estão correlacionadas entre si (LIBARDI et alii, 1985). Os alcances que diferiram entre k_a e k_v , da Tabela 2, foram devidos aos pontos próximos ao zero no autocorrelograma. Estes pontos resultaram em valores para $\gamma(L)$ algumas vezes maiores outras menores que a variância, alterando, assim, o resultado. Isto pode ser comprovado com o perfilhamento efetivo, peso de 100 grãos, % de grãos chochos e no solo para fósforo (a.a. e p.c.), magnésio (a.a.), alumínio (p.c.) e zinco (p.c.). Destes parâmetros, apenas o perfilhamento efetivo, % de grãos chochos e alumínio (p.c.) apresentaram distribuição normal.

O sinal > utilizado para k_a e k_v na Tabela 2 indica que a distância de dependência foi superior aos 70 metros considerados.

O limite superior da autocorrelação (valor a) foi selecionado para fazer parte da Tabela 2 pelos seguintes motivos: i) embora seja um limite fixo (ver exemplo da Figura 42), este obterá valores próximos aos obtidos com o limite inferior no semivariograma (Figura 43), uma vez que k_a e k_v são próximos para a maioria dos parâmetros; ii) apesar do limite inferior variável (Figuras 44 e 45) e da amplitude do erro do gama médio (Figura 47) serem mais precisos, por considerarem o número de pares de observações para cada $r(L)$ ou $\gamma(L)$, o limite fixo da autocorrelação impõe maior praticidade no trabalho.

O valor a (Tabela 2) definiu o alcance em todos os casos, com exceção da altura de plantas, CTC (a.a.) e extração de nitrogênio pela planta. Estas três variáveis revelaram dependência a longo alcance, acima do limite superior ($r(L) = 0,2521$).

Os semivariogramas correspondentes aos parâmetros com

a < 10 metros apresentam um puro efeito pepita (efeito "nugget" puro), indicando que o alcance ou a relação de dependência poderia ser menor que o menor intervalo ("lag") estudado.

Com o propósito de comparar os diversos parâmetros estudados, segundo exemplo de VAUCLIN et alii (1982), e ainda de indicar possíveis comportamentos isotrópicos a campo, foi calculada a integral para uma direção, duas direções e todas as direções (Tabela 2). Dois critérios foram utilizados, quais sejam: i) ou o valor do primeiro "lag" deveria ser superior ao limite de significância de 95% ($r(L) > 0,262$ para uma direção com 48 pares, e $r(L) > 0,210$ para duas e todas as direções com 87 pares), ou ii) os semivariogramas correspondentes deveriam apresentar algum tipo de estrutura. Sendo assim, os valores abaixo desses limites e os semivariogramas com efeito "nugget" puro, nitidamente identificado, foram excluídos do cálculo de escala integral.

O parâmetro que pela escala integral (E.I.) se apresentou claramente isotrópico foi o hidrogênio do solo (a.a. e p.c.) (Figura 26), sendo que, na Tabela 2, são encontradas desde relações de razoável isotropia até forte anisotropia.

De forma geral, para uma e duas direções, os valores de E.I. foram semelhantes, e valores menores de E.I. foram, em vários casos, obtidos quando participaram todas as direções (exemplos: produção de arroz e a maioria dos parâmetros de solo).

Os problemas observados no uso da escala integral foram: i) quando os valores de $r(L)$ se apresentaram baixos a longas distâncias, o valor de E.I. ficou superestimado (extração de P, Figura 39a) e ii) quando altos valores iniciais de $r(L)$ atingiram o zero, à média distância, então, a escala integral se apresentou sub-

estimada (saturação de bases p.c., Figura 27a).

A indicação de isotropia poderia ser conseguida, também, com a decomposição das curvas dos semivariogramas (WEBSTER, 1985), como mostra o exemplo da Figura 46. Mas, como a área experimental não permitiu a execução de mais pontos (com o mesmo intervalo) na sua largura, a decomposição ficou prejudicada, pois, na direção 0^0 , são obtidos apenas três pontos, dificultando a análise gráfica.

Sob o ponto de vista prático, como o valor da escala integral equivale ao diâmetro de áreas homogêneas no campo, verifica-se que, para uma direção, este valor é aproximadamente a metade do "comprimento da autocorrelação" (k_a) (Tabela 2). Isto concorda com CAMPBELL (1985), o qual admite amostras independentes as separadas por mais de um valor de E.I. Se o objetivo for separar no campo subunidades homogêneas, baseadas na produção da cultura de arroz, por exemplo, áreas de 18,5 m x 21,7 m poderiam ser amostradas e tratadas individualmente quanto ao manejo (Figura 48). Apenas amostras para os parâmetros com E.I. próximos a 20 metros nas três situações (uma, duas e todas as direções) poderiam ser, neste caso, avaliadas (peso de 100 grãos, % de grãos chochos, % K, ppm Zn e relação P/Zn na planta; e pH, P, K, Ca, H, soma de bases, areia (a.a. e p.c.), CTC (p.c.), argila (a.a.) e silte(p.c.) no solo).

Mas, a título de experimentação agrícola, visando o uso da estatística clássica, as dependências espaciais, em geral, se mostraram de longo alcance. Apesar do valor a (Tabela 2) ter sido estimado apenas para uma direção, este poderia ser utilizado com maior precisão para definir apenas o alcance dos parâmetros com relativa isotropia (verificar Tabela 2 pela comparação dos resultados

de E.I.).

Porém, objetivando a obtenção de áreas sem relação de dependência na direção de 90^0 (comprimento da área), onde possa ser englobada a maioria dos parâmetros, este campo experimental poderia ser dividido em dois talhões de 37 m x 40 m (Figura 48). Desta forma, seriam excluídos os parâmetros com valor a acima de 50 metros, apenas três dos 47 estudados.

Ainda se a meta fosse apenas estudar as variáveis com alcance a menor que 10 m (Tabela 2), então os talhões poderiam ter apenas 20m x 20m, separados de 10 metros (perfilhamento efetivo, número de grãos cheios / panícula, índice de colheita e magnésio e alumínio do solo).

FIGURA 48 - Áreas homogêneas para produção de arroz e parâmetros com E.I. próximo a 20 metros (retângulos menores). Áreas independentes (retângulos tracejados).

6. CONCLUSÕES

Tendo em vista o objetivo do presente trabalho, e a partir de seus resultados obtidos e discutidos, pode-se concluir que:

- (1) Pelo conceito de escala integral, a área total em estudo não se mostrou homogênea para nenhum dos parâmetros levantados, quando foram analisados os três critérios de direção.
- (2) A Teoria das Variáveis Regionalizadas permitiu:
 - estabelecer sub-unidades de amostragem ou de manejo individualizado;
 - definir parcelas independentes, contanto que os parâmetros sejam devidamente selecionados em função do objetivo da coleta de dados.
- (3) A parcela experimental apresentou relação de dependência, acima de 10 metros, em 41 dos parâmetros estudados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônômico de São Paulo. 31 p. Circular, 87.
- BECKETT, P.H.T. & WEBSTER, R. Soil variability: a review. Soils Fert., Harpenden, 34: 1-15, 1971.
- BRESLER, E.; DASBERG, S.; RUSSO, D.; DAGAN, G. Spatial variability of crop yield as a stochastic soil process. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 45: 600-605, 1984.
- BUONA, J. Soil variability and soil survey. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 130-149.
- BURGESS, T.M. & WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. J. Soil Sci., Oxford, 31: 315-331, 1980.
- CAMPBELL, G.S. Variation in soil properties. In: _____. Soil physics with basic. New York, Elsevier Sci. Publ., 1985. V. 14, cap. 7, p. 60-72.
- CASSEL, D.K. & BAVER, A. Variability on soils below depth of tillage. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 39: 247-250, 1975.

- CATANI, R.A. & JACINTHO, O.A. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. Boletim Técnico-Científico, nº 37. 54 p.
- CLARK, I. Practical geostatistics. England, Applied Sci. Publ. Ltd., 1979. 129 p.
- CORMACK, R.M. & ORD, J.K. Spatial and temporal analysis in ecology. Maryland, Int. Coop. Publ. House, 1979. V. 8, 356 p.
- DAVID, M. Geostatistical on reserve estimation. New York, Elsevier Sci. Publ., 1977. V. 8, 364 p.
- DAVIS, J.C. Statistics and data analysis in geology. New York, John Wiley & Sons, 1973. 550 p.
- DONALD, C.M. In search of yield. J. Aust. Inst. Agric. Sci., Sydney, 28: 171-178, 1962.
- DUFFY, C.J. The analysis of water quality variations in stream-aquifer systems: nonpoint sources. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 195-208.
- EMBRAPA. Manual de métodos de pesquisa em arroz - 1a. apr. Goiânia, Centro Nacional de Pesquisa - Arroz e Feijão, 1977. 106 p.
- ESTADOS UNIDOS. Departamento de Agricultura. Soil taxonomy: a basic system of soil classification to making and interpreting soil surveys. Washington, 1979. Agr. Handbook nº 436, 754 p.
- FONSECA, H.; SOAVE, J.; AZZINI, L.E.; BANZATTON, V.; CAMARGO, O.B.A.

Arroz - produção, pré-processamento e transformação agro-industrial.

Piracicaba, FEALQ, 1983. V. 1, 358 p.

GAJEM, Y.M.; WARRICK, A.W.; MYERS, D.E. Spatial dependence of physical properties of a typic torrifluvent soil. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 45: 709-715, 1981.

GRUIJTER, J.J. & MARSMAN, B.A. Transect sampling for reliable information on mapping units. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 150-165.

GUROVICH, L.A. Estructura de la variabilidad espacial de las propiedades hidrodinamicas de los suelos. Ciencia e Investigacion Agraria, Chile, 9: 243-254, 1982.

GUROVICH, L.A. & STERN, J. Variabilidad espacial de la velocidad de infiltración en el suelo. Ciencia e Investigacion Agraria, Chile, 10: 271-277, 1983a.

GUROVICH, L.A. & STERN, J. Variabilidad espacial de la velocidad del agua en el suelo - Generacion de datos. Ciencia e Investigacion Agraria, Chile, 10: 35-41, 1983b.

GUTJAHR, A. Spatial variability: geostatistical methods. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 9-34.

HAAN, C.T. Statistical methods in hidrology. Iowa, University Press, 1977. 378 p.

JOURNEL, A.G. & HUIJBREGTS, Ch.J. Mining geostatistics. London,

Academic Press, 1978. 600 p.

KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Sci., Baltimore, 68: 15-26, 1949.

LANDIM, P.M.B. Introdução à geoestatística. Rio Claro, UNESP, 1985. Publicação Didática nº 2. 85 p.

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 transeção. Rev. Bras. de Ciência do Solo, Campinas, 10: 85-90, 1986.

LINDSAY, W.L. & NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 42: 421-428, 1978.

McBRATNEY, A.B. The role of geostatistics in the design and analysis of field experiments with reference to the effect of soil properties on crop yield. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 3-8.

McBRATNEY, A.B. & WEBSTER, R. Spatial dependence and classification of the soil along a transect in Northeast Scotland. Geoderma, Amsterdam, 26: 63-82, 1981a.

McBRATNEY, A.B. & WEBSTER, R. Detection of ridge and furrow pattern by spectral analysis of crop yield. Int. Statistical Review, Great Britain, 49: 45-52, 1981b.

NIELSEN, D.R.; TILLOTSON, P.M.; VIEIRA, S.R. Analyzing field-measured

- soil-water properties. Agric. Water Management, Amsterdam, 6: 93-109, 1983.
- NIELSEN, D.R. & CASSEL, D.K. Soil water management. In: L'ANNUNZIATA, M.F. & LEGG, J.O., ed. Isotopes and radiation in agricultural sciences. Soil-plant-water relationships. London, Academic Press, 1984. V. 1, cap. 2, p. 35-64.
- O'HALLORAN, I.P.; KACHANOSKI, R.G.; STEWART, J.W.B. Spatial variability of soil phosphorus as influenced by soil texture and management. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 65: 475-487, 1985.
- PAULETTO, E.A. Estudos sobre dispersão da amostra de terra. Piracicaba, 1978. 68 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo).
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T. Levantamento da carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 1966. 85 p.
- REICHARDT, K. Variabilidade espacial (e temporal) de solos. In: _____. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4a. ed., Campinas, Fundação Cargill, 1985. cap. 18, p. 391-416.
- RUSSO, D. & BRESLER, E. Soil hydraulic properties as stochastic processes. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 45: 682-687, 1981.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Metodos estadísticos. Mexico, Ed. Continental, 1980. 703 p.
- SPIEGEL, M.R. Estatística. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 1976. 580 p.

UEHARA, G.; TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S. Spatial variability of soil properties. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 61-95.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S.R.; BERNARD, R.; HATFIELD, J.L. Spatial variability of surface temperature along two transects of a bare soil. Water Resour. Res., Washington, 18: 1677-1686, 1982.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S.R.; VACHAUD, G.; NIELSEN, D.R. The use of cokriging with limited field soil observations. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 47: 175-184, 1983.

VIEIRA, S.R. Geostatistical analyses of some agronomical observations, Davis, 1981, 261 p. (Ph.D. - University of California).

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. California, Hilgardia Ed. Board, 1983. 75 p. Hilgardia n° 3.

VIEIRA, S.R.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 45: 1040-1048, 1981.

WAGENET, R.J. Measurement and interpretation of spatially variable leaching processes. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985, p. 209-235.

- WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. cap. p. 319-344.
- WEBSTER, R. Automatic soil-Boundary location from transect data. Mathematical geology, New York, 5: 27-37, 1973.
- WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in field. New York, Springer-Verlag, New York, Advances Soil Science, 1985. V. 3, 69 p.
- WEBSTER, R. & BUTLER, B.E. Soil classification and survey studies at Ginninderra. Aust. J. Soil Res., Melbourne, 14: 1-24, 1976.
- WEBSTER, R.; CUANALO DE LA C., H.E. Soil transect correlograms of North Oxfordshire and their interpretation. J. Soil Sci., Oxford, 26: 176-194, 1975.
- WIERENGA, P.J. Spatial variability of soil-water properties in irrigated soils. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 112-129.
- WILDING, L.P. Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys. PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF THE ISSS AND THE SSSA, Las Vegas, 1984. Soil spatial variability, Netherlands, 1985. p. 166-194.
- WOLLUM, A.G. & CASSEL, D.K. Spatial variability of Rhizobium japonicum in two North Carolina soils. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 48: 1082-1086, 1984.
- XU, J. & WEBSTER, R. A geostatistical study of topsoil properties in Zhangwu county, China. Catena, Braunschweig, 11: 13-26, 1984.

A N E X O A

PROGRAMA 1

AUTOCORRELOGRAMA E SEMIVARIOGRAMA PARA UMA DIREÇÃO

(CP 200).

```

10 PRINT "FUNCOES GEOEST."
15 FAST
20 PRINT
50 PRINT "AUTOC."
60 PRINT "NUM. DE LINHAS E COLUNAS"
70 PRINT
80 INPUT N
90 INPUT C
100 DIM X (N,C)
110 PRINT "DIGITE LEITURAS POR COLUNAS"
120 FOR J=1 TO C
130 FOR I=1 TO N
140 INPUT X (I,J)
150 PRINT "X(";I;";";J;") = ";X(I,J)
160 NEXT I
170 NEXT J
180 PRINT
190 PRINT "QUAL NUMERO DE LAGS"
200 INPUT L
210 DIM Y(L)
220 DIM P(L)
230 DIM R(L)
240 CLS
250 LET SX=0
260 LET SX2=0
270 FOR I=1 TO N
280 FOR J=1 TO C
290 LET SX=SX+X(I,J)
300 LET SX2=SX2+X(I,J) * X(I,J)
310 NEXT J
320 NEXT I
330 LET M=SX / (NxC)
340 LET VAR=(SX2-(SX * SX) / (NxC)) / ((NxC)-1)
345 PRINT "      AUTOC."
346 PRINT "-----"
350 FOR K=1 TO L
360 LET U=0
370 FOR I=1 TO N
380 FOR J=1 TO C-K
390 LET U=U+(X(I,U)-M) * (X(I,J+K)-M)
400 NEXT J
410 NEXT I
420 LET CH=U / (NxC-NxK-1)
430 LET R(K)=CH/VAR
440 PRINT
450 PRINT "R(";K;") = ";INT (R(K) * 10000 + .05) / 10000
451 PRINT
460 NEXT K
461 PRINT
470 STOP
480 GOSUB 1061
490 PRINT "SEMIV."
510 PRINT
520 DIM R(L)
521 CLS
530 FOR K=1 TO L
540 LET SX2=0

```

```

550 FOR I=1 TO N
560 FOR J=1 TO C-K
570 LET T=X(I,J+K)-X(I,J)
580 LET SX2=SX2+T x T
590 NEXT J
600 NEXT I
610 LET P(K)=NxC-KxN
620 LET R(K)=SX2/(2xP(K))
630 NEXT K
631 PRINT "          SEMIV."
640 PRINT TAB 3; "INDICE";TAB 10;"PARES"; TAB 17;"GAMA"
645 PRINT "-----"
650 FOR K=1 TO L
660 PRINT TAB 3;K; TAB 10;INT (P(K)x1000+.5)/1000; TAB 17;
    INT (R(K)x100000+.05)/100000
680 NEXT K
690 STOP
700 REM "MOMENTOS EST."
710 LET S1=0
720 LET S2=0
730 LET S2=0
740 LET S4=0
760 FOR I=1 TO N
770 FOR J=1 TO C
780 LET ZT= X(I,J)
800 LET S2=S2+ZTxZT
810 LET S3=S3+ZTxZTxZT
820 LET S4=S4+ZTxZTxZTxZT
830 NEXT J
840 NEXT I
850 LET DEV=SQR (VAR)
860 LET CVA=DEV/M
870 LET M3=S3/(NxC)-3xMxS2/(NxC)+2xMxMxM
880 LET M4=S4/(NxC)-4xMxS3/(NxC)
890 LET M4=M4+6xMxMxS2/(NxC)
891 LET M4=M4-3xMxMxMxM
900 LET CSK=M3/(SQR (VARxVARxVAR))
910 LET CKT=M4/(VARxVAR)
930 PRINT "MOMENTOS"
950 PRINT "NUM. DE AMOSTRAS=";TAB 20; NxC
960 PRINT "MEDIA="; TAB 20;M
970 PRINT "VARIANCIA=";TAB 20; VAR
980 PRINT "DESV. PAD.="; TAB 20; DEV
990 PRINT "COEF. VAR.="; TAB 20; CVA
1000 PRINT "SKEWNESS="; TAB 20; CSK
1010 PRINT "KURTOSE="; TAB 20; CKT
1060 STOP
1061 CLS
1070 PRINT "DIGITE X0 XMAX YO YMAX"
1080 INPUT X0
1090 INPUT XMAX
1100 INPUT YO
1110 INPUT YMAX
1120 IF YO<0 THEN LET PZ=43x(YO/(YMAX-YO))
1130 IF YO>0 THEN LET PZ=0
1140 CLS
1150 FOR Z=42 TO 0 STEP -1
1160 PLOT 0,Z
1170 NEXT Z
1180 FOR W=0 TO 55

```

```
1190 PLOT W,PZ
1200 NEXT W
1210 LET FX=(XMAX-X0)/55
1220 LET FY=(YMAX-Y0)/43
1230 FOR J=1 TO L
1240 PLOT (J-X0)/FX, (R(J)-Y0)/FY
1250 NEXT J
1260 STOP
1270 PRINT "GRAF. EM PAPEL"
1280 PRINT
1290 PRINT "DIM. DO GRÁFICO=";
1300 INPUT DG
1310 PRINT DG+5; "CM ABS. X"; DG; "CM ORD. "
1315 PRINT
1320 LET FXG=(XMAX-X0)/(DG+5)
1330 LET FYG=(YMAX-Y0)/DG
1340 LET PZG=(Y0/(YMAX-Y0)) x DG
1350 IF Y0 < 0 THEN PRINT "PONTO ZERO="; INT (-PZGx10+.5)/
10; "CM"
1360 PRINT
1361 PRINT "X0="; TAB 6; X0
1362 PRINT "XMAX="; TAB 6; XMAX
1363 PRINT "Y0="; TAB 6; Y0
1364 PRINT "YMAX="; TAB 6; YMAX
1365 PRINT
1370 PRINT TAB 1; "X"; TAB 6; "XCM"; TAB 12; "Y"; TAB 26; "YCM"
1380 PRINT "-----"
1390 FOR J=1 TO L
1400 LET CXG=(J-X0)/FXG
1410 LET CX=INT (CXGx10+.5)/10
1420 LET CYG=(R(J)-Y0)/FYG
1430 LET CY=INT (CYGx10+.5)/10
1440 PRINT TAB 1;j;TAB 6;CX; TAB 12; INT (R(J)x10000+.05)/
10000; TAB 26; CY
1450 NEXT J
1460 STOP
1470 RETURN
1480 PRINT
1490 PRINT "FIM"
```


PROGRAMA 2

AUTOCORRELOGRAMA E SEMIVARIOGRAMA PARA TODAS AS DIREÇÕES

(CP 200)

```

20     FAST
30     REM "ENTRADA DOS DADOS"
60     PRINT "QUAL O NUMERO DE AMOSTRAS"
70     INPUT N
80     DIM X(N)
90     DIM Y(N)
100    DIM Z(N)
110    PRINT "DIGITE COORDENADAS X"
120    FOR I=1 TO N
130    INPUT X(I)
135    PRINT "X(";I;") = ";X(I)
140    NEXT I
150    PRINT "DIGITE COORDENADAS Y"
160    FOR I=1 TO N
170    INPUT Y(I)
175    PRINT "Y(";I;") = ";Y(I)
180    NEXT I
190    PRINT "DIGITE OS VALORES CORRESPONDENTES"
200    FOR I=1 TO N
210    INPUT Z(I)
215    PRINT "Z(";I;") = ";Z(I)
220    NEXT I
230    PRINT "QUAL O LAG (DIST.) DESEJADO"
240    INPUT NL
250    PRINT "QUAL O NUM. DE STEPS"
260    INPUT NS
270    DIM A(NL)
280    DIM B(NL)
290    DIM C(NL)
300    DIM D(NL)
310    DIM F(NL)
320    DIM G(NL)
330    DIM T(NL)
340    DIM R(NL)
350    PRINT "QUER TIRAR LOGS (S OU N) ?"
360    INPUT B$
370    IF B$ = "N" THEN GOTO 410
380    FOR I=1 TO N
390    LET Z(I) = LN (Z(I))
400    NEXT I
410    REM "CALCULO DOS MOMENTOS ESTATISTICOS"
420    LET S1=0
430    LET S2=0
440    LET S3=0
450    LET S4=0
460    FOR J=1 TO N
470    LET ZT=Z(J)
480    LET S1=S1+ZT
490    LET S2=S2+ZTxZT
500    LET S3=S3+ZTxZTxZT
510    LET S4=S4+ZTxZTxZTxZT
520    NEXT J
530    LET AVE=S1/N
540    LET VAR=(S2-(S1xS1)/N)/(N-1)
550    LET DEV=SQR (VAR)
560    LET CVA=DEV/AVE
570    LET M3=S3/N-3xAVExS2/N+2xAVExAVExAVE

```

```

580 LET M4=S4/N-4xAveXS3/N
590 LET M4=M4+6xAvexAveXS2/N
600 LET M4=M4-3xAvexAvexAvexAve
610 LET CSK=M3/(SQR (VARxVARxVAR))
620 LET CKT=M4/(VARxVAR)
630 REM "CALCULO DO AUTOCORRELOGRAMA E SEMIVARIOGRAMA"
640 LET N1=N-1
650 LET MAX=(N1-1)xNS
660 FOR I=1 TO N1
670 LET A(I)=0
680 LET B(I)=0
690 LET F(I)=0
700 LET T(I)=0
710 NEXT I
720 FOR I=1 TO N1
730 LET XT=X(I)
740 LET YT=Y(I)
750 LET ZT=Z(I)
760 LET L=I+1
770 FOR J=L TO N
780 LET DX=XT-X(J)
790 LET DY=YT-Y(J)
800 LET DZ=ZT-Z(J)
810 LET DHS=DXxDX+DYxDY
820 IF DHS < 0.000001 THEN GOTO 900
830 LET DH=SQR (DHS)
840 IF DH > MAX THEN GOTO 900
850 LET L4=INT (DH/NS-.5)
860 LET A(L4)=A(L4)+1
870 LET B(L4)=B(L4)+DH
880 LET F(L4)=F(L4)+.5xDZxDZ
890 LET T(L4)=T(L4)+(Z(I)-AVE)x(Z(J)-AVE)
900 NEXT J
910 NEXT I
1040 REM "RESULTADOS"
1050 CLS
1060 PRINT "MOMENTOS ESTATISTICOS"
1090 PRINT "NUM. DE AMOSTRAS="; TAB 21; N
1110 PRINT "MEDIA="; TAB 21; AVE
1130 PRINT "VARIANCIA="; TAB 21; VAR
1150 PRINT "DESVIO PADRAO="; TAB 21; DEV
1170 PRINT "COEF. DE VAR="; TAB 21; CVA
1190 PRINT "COEF. DE SIMETRIA="; TAB 21; CSK
1210 PRINT "CURTOSE="; TAB 21; CKT
1240 PRINT "AUTOCORRELAÇÃO"
1241 LET CONTA=1
1245 LET K=0
1246 FOR I=1 TO N1
1247 LET CP=A(I)
1248 IF CP=0 THEN GOTO 1253
1249 LET K=K+1
1250 LET C(K)=CP
1251 LET D(K)=B(I)/CP
1252 LET G(K)=T(I)/((CP-1)xVAR)
1253 NEXT I
1254 LET NK=K
1255 PRINT

```

```

1270 PRINT TAB 3; "INDICE"; TAB 10; "PARES"; TAB 17; "DIST.";
      TAB 24; "COEF. R"
1280 FOR I=1 TO NK
1290 PRINT TAB 3; I; TAB 10; C(I); TAB 17; INT (D(I)x100 +
      .5)/100; TAB 24; INT (G(I)x1000 +.5)/1000
1300 NEXT I
1310 STOP
1320 GOSUB 1450
1325 PRINT "SEMIVARIOGRAMA"
1326 LET CONTA=0
1330 DIM G(NL)
1331 LET K=0
1332 FOR I=1 TO NL
1333 LET CP=A(I)
1334 IF CP=0 THEN GOTO 1339
1335 LET K=K+1
1336 LET C(K)=CP
1337 LET D(K)=B(I)/CP
1338 LET G(K)=F(I)/CP
1339 NEXT I
1340 LET NK=K
1360 PRINT "NUM. DE LAGS="; TAB 21; NL
1380 PRINT "NUM. DE STEPS="; TAB 21; NS
1390 PRINT
1400 PRINT TAB 1; "INDICE"; TAB 8; "PARES"; TAB 15; "DIST.";
      TAB 23; "GAMA"
1410 FOR I=1 TO NK
1420 PRINT TAB 1; I; TAB 7; C(I); TAB 15; INT (D(I)x1000+.5)/
      1000; TAB 23; INT (G(I)x1000+.5)/1000
1430 NEXT I
1440 PRINT
1445 STOP
1450 PRINT
1451 GLS
1460 PRINT "PARA O GRÁFICO, DIGITE XO XMAX YO YMAX"
1470 INPUT XO
1480 INPUT XMAX
1490 INPUT YO
1500 INPUT YMAX
1510 IF YO < 0 THEN LET PZ=43x(YO/(YMAX-YO))
1520 IF YO > = 0 THEN LET PZ=0
1530 CLS
1540 FOR Z=42 TO 0 STEP -1
1550 PLOT 0,Z
1560 NEXT Z
1570 FOR W=0 TO 55
1580 PLOT W,PZ
1590 NEXT W
1600 LET FX=(XMAX-XO)/55
1610 LET FY=(YMAX-YO)/43
1620 FOR J=1 TO NK
1630 PLOT (D(J)-XO)/FX, (G(J)-YO)/FY
1640 NEXT J
1650 STOP
1660 PRINT "GRAFICO EM PAPEL"
1670 PRINT

```

```
1680 PRINT "DIMENSOES DO GRAFICO="
1690 INPUT DG
1700 PRINT DG+5; "X"; DG; "CM"
1710 LET FXG=(XMAX-XO)/(DG+5)
1720 LET FYG=(YMAX-YO)/DG
1730 LET PZG=(YO/(YMAX-YO))xDG
1740 IF YO < 0 THEN PRINT "PONTO ZERO="; INT (-PZGx1000+.5)/
1000; "CM"
1750 PRINT
1760 PRINT TAB 1; "PARES"; TAB 7; "X"; TAB 14; "XCM"; TAB 20;
"Y"; TAB 28; "YCM"
1770 PRINT "-----"
1780 FOR J=1 TO NK
1790 LET CXG=(D(J)-XO)/FXG
1800 LET CX=INT (CXGx1000+.5)/1000
1810 LET CYG=(G(J)-YO)/FYG
1820 LET CY=INT (CYGx1000+.5)/1000
1830 PRINT TAB 1; C(J); TAB 5; INT (D(J)x1000+.5)/1000; TAB
12; INT (CXx100+.5)/100; TAB 18; INT (G(J)x1000+.5)/
1000; TAB 28; INT (CYx100+.5)/100
1840 NEXT J
1841 PRINT "-----"
1845 IF CONTA=0 THEN GOTO 1970
1850 STOP
1860 RETURN
1970 PRINT
1980 PRINT "FIM"
```

ANEXO B

PARÂMETROS

amostra	produção g/m ²	matéria seca g/m ²	altura planta cm	perfilhamento efetivo	número de perfilhos/ m ²	número de panículas/ m ²	peso grãos cheios/ panícula g
a1	222	702	111	0,77	156	120	1,85
a2	286	826	115	0,86	130	112	2,55
a3	548	909	109	0,86	212	182	3,01
a4	456	664	108	0,88	170	150	3,04
a5	417	663	117	0,85	188	160	2,61
a6	486	862	129	0,83	145	121	4,01
a7	630	890	122	1,00	182	182	3,46
a8	589	749	110	0,87	206	180	3,27
a9	797	776	104	0,89	208	186	4,28
a10	316	747	108	0,91	139	126	2,51
a11	495	860	115	0,91	161	147	3,37
a12	164	750	118	0,93	145	135	1,22
a13	412	495	114	0,86	125	108	3,82
b1	256	561	98	0,85	120	102	2,51
b2	363	453	98	1,00	135	135	2,69
b3	366	482	92	0,87	149	129	2,84
b4	204	437	90	0,91	123	112	1,82
b5	442	557	91	0,89	163	145	3,05

(continua)

amostra	produção g/m ²	matéria seca g/m ²	altura planta cm	perfilhamento efetivo	número de perfilhos/ m ²	número de panículas/ m ²	peso grãos cheios/ panícula g
b6	303	620	98	0,92	118	108	2,81
b7	449	508	98	0,92	130	119	3,78
b8	491	587	95	0,92	159	147	3,34
b9	463	692	99	0,90	163	146	3,17
b10	173	627	109	0,81	153	124	1,40
b11	203	322	98	0,93	91	85	2,39
b12	242	327	98	0,92	88	81	2,99
b13	289	291	89	0,90	105	95	3,04
c1	485	640	95	1,00	193	193	2,51
c2	58	286	97	0,77	78	60	0,96
c3	270	369	87	0,90	151	136	1,99
c4	247	499	94	0,79	155	123	2,01
c5	356	486	89	0,72	209	151	2,36
c6	454	600	92	0,87	163	141	3,22
c7	353	701	101	0,98	165	161	2,19
c8	505	823	98	1,00	172	172	2,93
c9	388	553	94	0,90	149	134	2,90
c10	482	754	104	0,91	199	182	2,65

(continua)

amostra	produção g/m ²	matéria seca g/m ²	altura planta cm	perfilhamento efetivo	número de perfilhos/ m ²	número de panículas/ m ²	peso grãos cheios/ panícula g
c11	357	790	105	1,00	181	181	1,97
c12	514	826	106	0,89	205	183	2,81
c13	366	754	95	0,86	201	172	2,13
d1	478	611	100	0,80	163	131	3,65
d2	516	783	99	0,85	203	173	2,98
d3	549	644	106	0,87	192	167	3,29
d4	550	755	109	0,95	179	170	3,24
d5	448	526	102	0,89	189	168	2,67
d6	568	887	108	0,88	197	173	3,28
d7	750	869	106	0,97	203	197	3,81.
d8	503	698	111	0,90	160	144	3,50
d9	521	920	103	0,90	187	168	3,10
d10	338	750	107	0,89	181	161	2,10
d11	205	490	113	0,94	112	105	1,95
d12	193	461	103	0,91	94	86	2,24
d13	178	486	111	1,00	108	108	1,65

amostra	peso 100 grãos g	% grãos chochos/m ²	índice de colheita	pH (a.a.) ¹	pH (p.c.) ²	% C org. (a.a.)	% C org. (p.c.)
a1	2,47	46,5	0,32	5,8	6,0	1,08	1,11
a2	2,78	50,5	0,35	5,9	6,0	1,14	1,20
a3	3,34	12,1	0,60	5,9	6,0	1,08	1,11
a4	3,28	14,0	0,69	6,1	6,2	1,11	1,14
a5	3,20	16,3	0,63	6,2	6,4	1,11	1,14
a6	3,38	9,1	0,56	6,4	6,4	1,14	1,11
a7	3,31	9,0	0,71	6,4	6,5	1,23	1,11
a8	3,24	8,0	0,79	6,4	6,7	1,05	1,08
a9	3,33	5,4	1,03	6,0	6,2	1,23	1,14
a10	3,07	37,1	0,42	5,9	6,1	1,08	1,11
a11	3,33	16,2	0,58	5,8	6,0	1,08	1,14
a12	2,12	52,8	0,22	6,0	6,1	1,11	1,05
a13	3,09	15,3	0,83	6,1	6,2	1,14	1,23
b1	3,05	26,4	0,50	6,1	6,2	1,08	1,02
b2	3,18	26,0	0,80	6,3	6,2	1,05	1,02
b3	3,11	7,1	0,76	6,4	6,3	1,08	1,17
b4	2,96	31,6	0,47	6,4	6,3	1,14	1,05
b5	3,44	8,6	0,79	6,4	6,4	1,05	0,96
b6	3,10	13,7	0,49	6,3	6,3	1,08	1,05

(continua)

amostra	peso 100 grãos g	% grãos ₂ chochos/m ²	índice de colheita	pH ¹ (a.a.) ¹	pH ² (p.c.) ²	% C org. (a.a.)	% C org. (p.c.)
b7	3,33	11,8	0,88	6,4	6,3	0,96	0,93
b8	3,28	11,0	0,84	6,3	6,3	0,99	0,99
b9	3,24	7,5	0,67	6,2	6,2	1,14	1,08
b10	2,44	48,1	0,28	6,1	6,2	1,11	1,08
b11	2,64	33,9	0,63	6,0	6,0	1,11	1,05
b12	3,06	21,7	0,74	5,9	6,0	1,17	1,14
b13	3,08	17,8	0,99	6,0	6,1	1,11	1,11
c1	2,95	21,7	0,76	6,0	6,1	1,11	0,93
c2	2,11	45,1	0,20	6,0	5,9	0,96	0,99
c3	3,17	23,8	0,73	6,2	6,4	0,90	0,87
c4	3,08	23,4	0,49	6,4	6,4	1,02	1,08
c5	3,39	9,1	0,73	6,3	6,3	1,11	0,99
c6	3,31	11,5	0,76	6,4	6,2	1,02	0,99
c7	3,25	10,0	0,50	6,3	6,4	0,99	1,02
c8	3,27	14,8	0,61	6,4	6,4	1,05	1,02
c9	3,31	9,0	0,70	6,2	6,2	0,96	0,99
c10	3,07	21,1	0,64	6,0	5,9	0,81	0,87
c11	2,50	32,1	0,45	6,0	6,2	0,99	0,96
c12	3,29	12,3	0,62	6,2	6,1	0,99	1,05

(continua)

amostra	peso 100 grãos g	% grãos chochos/m ²	índice de colheita	pH 1 (a.a.) ¹	pH 2 (p.c.) ²	% C org. (a.a.)	% C org. (p.c.)
cl3	2,79	21,0	0,49	6,1	6,0	0,96	0,87
d1	3,39	6,2	0,78	6,2	6,2	0,96	0,96
d2	3,57	11,4	0,66	6,1	6,0	0,99	0,93
d3	3,26	9,3	0,85	6,1	6,2	0,93	0,90
d4	3,32	10,0	0,73	6,5	6,5	1,11	0,96
d5	3,43	9,2	0,85	6,3	6,4	1,08	1,02
d6	3,36	11,7	0,64	6,2	6,2	1,05	0,90
d7	3,38	8,5	0,86	6,2	6,3	0,99	0,93
d8	3,42	8,2	0,72	6,3	6,4	1,11	1,05
d9	3,14	11,0	0,57	6,2	6,2	1,14	1,02
d10	2,54	43,4	0,45	6,1	6,2	1,14	0,96
d11	2,36	47,9	0,42	6,0	6,0	1,14	1,20
d12	2,87	33,8	0,42	5,9	6,1	1,14	1,23
d13	2,60	52,6	0,37	6,0	6,2	1,05	1,14

amostra	P (a.a.) ³	P (p.c.) ³	K (a.a.) ³	K (p.c.) ³	Ca (a.a.) ³	Ca (p.c.) ³	Mg (a.a.) ³
a1	0,17	0,18	0,59	0,50	4,24	4,20	1,12
a2	0,21	0,22	0,58	0,46	4,52	4,40	0,96
a3	0,25	0,26	0,60	0,53	4,64	4,88	1,12
a4	0,27	0,26	0,59	0,51	4,96	4,96	1,36
a5	0,30	0,32	0,59	0,50	5,74	5,88	1,14
a6	0,31	0,32	0,61	0,51	6,08	6,08	1,20
a7	0,25	0,24	0,60	0,57	6,56	5,90	1,76
a8	0,36	0,54	0,54	0,45	6,24	6,48	1,28
a9	0,10	0,10	0,40	0,34	4,72	4,92	1,12
a10	0,09	0,09	0,44	0,31	4,56	4,20	1,44
a11	0,12	0,10	0,47	0,42	4,24	4,24	1,26
a12	0,11	0,10	0,50	0,36	4,30	4,20	1,38
a13	0,09	0,10	0,42	0,47	5,04	4,52	1,40
b1	0,15	0,13	0,61	0,40	4,08	4,16	1,28
b2	0,18	0,18	0,54	0,44	4,32	4,28	1,20
b3	0,21	0,22	0,66	0,52	4,68	4,80	1,35
b4	0,26	0,26	0,60	0,49	5,24	5,00	1,20
b5	0,21	0,24	0,59	0,51	3,68	4,88	2,24
b6	0,23	0,27	0,57	0,54	5,12	4,96	1,00

(continua)

amostra	P (a.a.) ³	P (p.c.) ³	K (a.a.) ³	K (p.c.) ³	Ca (a.a.) ³	Ca (p.c.) ³	Mg (a.a.) ³
b7	0,16	0,16	0,53	0,45	4,76	4,92	1,08
b8	0,17	0,17	0,54	0,42	4,43	4,76	1,25
b9	0,19	0,18	0,62	0,46	4,36	4,64	1,32
b10	0,15	0,16	0,49	0,44	4,20	4,32	1,20
b11	0,15	0,15	0,51	0,55	3,96	3,76	1,24
b12	0,15	0,17	0,53	0,65	3,80	3,92	1,24
b13	0,16	0,17	0,53	0,50	4,16	4,20	1,28
c1	0,13	0,14	0,40	0,28	4,32	4,16	1,12
c2	0,14	0,15	0,45	0,29	4,08	4,00	1,00
c3	0,17	0,16	0,55	0,55	4,00	4,00	1,18
c4	0,22	0,24	0,55	0,48	4,65	4,54	1,28
c5	0,22	0,21	0,56	0,58	4,60	4,36	1,28
c6	0,19	0,17	0,58	0,58	4,52	4,36	1,24
c7	0,18	0,17	0,52	0,55	4,96	4,88	1,10
c8	0,17	0,14	0,47	0,43	5,16	4,88	1,16
c9	0,17	0,17	0,48	0,44	4,40	4,56	1,04
c10	0,14	0,15	0,49	0,40	4,00	3,76	0,99
c11	0,18	0,16	0,44	0,53	3,92	4,00	1,00
c12	0,19	0,16	0,54	0,50	4,12	3,20	1,32

(continua)

amostra	P (a.a.) ³	P (p.c.) ³	K (a.a.) ³	K (p.c.)	Ca (a.a.) ³	Ca (p.c.) ³	Mg (a.a.) ³
c13	0,12	0,13	0,39	0,39	4,00	3,72	1,12
d1	0,16	0,13	0,49	0,40	4,08	4,08	0,88
d2	0,15	0,14	0,55	0,46	5,00	3,84	1,04
d3	0,17	0,13	0,48	0,36	3,92	3,80	0,88
d4	0,33	0,25	0,74	0,58	5,10	4,88	1,30
d5	0,22	0,19	0,64	0,54	4,64	4,28	1,28
d6	0,20	0,22	0,60	0,49	4,48	4,20	0,96
d7	0,25	0,21	0,64	0,55	4,80	4,00	1,00
d8	0,28	0,25	0,76	0,61	4,52	4,36	1,20
d9	0,28	0,25	0,73	0,65	4,80	4,46	1,12
d10	0,30	0,25	0,69	0,64	4,72	4,08	0,96
d11	0,24	0,20	0,58	0,52	4,12	4,00	0,96
d12	0,22	0,19	0,45	0,57	4,00	3,80	1,00
d13	0,15	0,14	0,55	0,60	4,24	4,00	1,16

amostra	Mg (p.c.) ³	Al (a.a.) ³	Al (p.c.) ³	H (a.a.) ³	H (p.c.) ³	soma de bases (a.a.)³	soma de bases (p.c.) ³
a1	0,84	0,14	0,16	3,68	3,60	5,95	5,54
a2	0,72	0,14	0,13	3,52	3,76	6,06	5,58
a3	0,64	0,13	0,11	3,52	3,71	6,38	6,05
a4	1,04	0,13	0,16	3,20	3,34	6,91	6,51
a5	1,56	0,11	0,16	2,56	2,96	7,47	7,94
a6	0,88	0,11	0,14	2,48	2,90	7,89	7,47
a7	1,04	0,11	0,16	2,38	2,88	8,92	7,51
a8	1,12	0,10	0,11	2,32	2,24	8,06	8,05
a9	0,84	0,11	0,16	3,20	3,36	6,24	6,10
a10	0,88	0,16	0,14	3,33	3,44	6,44	5,39
a11	0,80	0,14	0,14	3,60	3,68	5,97	5,46
a12	1,00	0,11	0,14	3,20	3,79	6,18	5,56
a13	1,16	0,11	0,11	3,44	3,50	6,86	6,15
b1	0,80	0,13	0,16	3,20	3,36	5,97	5,36
b2	0,84	0,11	0,13	2,96	3,12	6,06	5,56
b3	1,12	0,11	0,14	2,96	3,25	6,69	5,64
b4	1,20	0,11	0,11	2,90	3,12	7,04	6,69
b5	1,20	0,10	0,11	2,64	2,72	6,51	6,59
b6	1,15	0,10	0,11	2,80	2,88	6,69	6,65

(continua)

amostra	Mg (p.c.) ³	Al (a.a.) ³	Al (p.c.) ³	H (a.a.) ³	H (p.c.) ³	soma de bases (a.a.) ³	soma de bases (p.c.) ³
b7	0,92	0,10	0,11	2,56	2,56	6,37	6,29
b8	1,08	0,11	0,13	2,64	2,88	6,22	6,26
b9	1,04	0,13	0,14	3,07	3,12	6,20	6,14
b10	1,12	0,11	0,14	3,04	3,36	5,89	5,88
b11	0,88	0,11	0,16	3,22	3,44	5,71	5,19
b12	0,96	0,10	0,16	3,12	3,52	5,57	5,53
b13	1,08	0,13	0,14	3,17	3,47	5,97	5,78
c1	1,00	0,11	0,13	2,99	3,49	5,84	5,44
c2	0,96	0,13	0,14	3,04	3,60	5,53	5,25
c3	1,12	0,11	0,13	2,48	2,96	5,73	5,67
c4	1,38	0,10	0,16	2,64	3,25	6,38	6,40
c5	1,96	0,13	0,08	2,64	3,12	6,44	6,90
c6	1,08	0,11	0,14	2,24	2,80	6,34	6,02
c7	1,20	0,10	0,13	2,48	2,96	6,58	6,63
c8	1,16	0,13	0,10	2,40	2,88	6,79	6,47
c9	2,16	0,10	0,14	2,54	3,34	5,92	7,21
c10	0,88	0,13	0,11	2,90	3,47	5,48	5,04
c11	0,96	0,13	0,14	3,15	3,49	5,36	5,49
c12	1,36	0,11	0,14	2,91	3,44	5,98	5,06

(continua)

amostra	Mg (p.c.) ³	Al (a.a.) ³	Al (p.c.) ³	H (a.a.) ³	H (p.c.) ³	× soma de bases (a.a.) ³	soma de bases (p.c.) ³
cl3	1,16	0,11	0,19	2,86	3,36	5,51	5,27
d1	1,08	0,11	0,11	2,64	3,20	5,45	5,56
d2	0,96	0,13	0,14	2,88	3,46	6,49	5,26
d3	1,04	0,11	0,14	2,99	3,60	5,28	5,20
d4	1,34	0,11	0,11	2,40	2,91	7,14	6,80
d5	1,56	0,11	0,11	2,91	3,20	6,60	6,38
d6	1,24	0,13	0,13	2,85	3,36	6,04	5,93
d7	1,28	0,13	0,11	2,83	3,07	6,44	5,83
d8	1,32	0,11	0,11	2,64	3,28	6,48	6,29
d9	1,14	0,10	0,13	2,99	3,76	6,65	6,25
d10	1,25	0,11	0,13	3,36	4,00	6,37	5,97
d11	1,02	0,11	0,16	3,46	4,16	5,66	5,52
d12	1,32	0,11	0,11	3,28	3,76	5,45	5,69
d13	1,36	0,11	0,13	3,12	3,66	5,95	5,96

amostra	CTC (a.a.) ³	CTC (p.c.) ³	Zn (a.a.) ppm	Zn (p.c.) ppm	argila % (a.a.)	argila % (p.c.)	areia % (a.a.)
a1	9,77	9,30	3,54	4,12	43,9	46,2	30,3
a2	9,72	9,57	3,72	4,22	45,0	44,6	32,3
a3	10,01	9,87	3,96	4,26	45,0	40,3	33,8
a4	10,24	10,01	4,32	4,14	47,1	40,7	31,9
a5	10,14	11,06	3,80	4,32	46,9	42,6	33,2
a6	10,48	10,51	3,52	3,62	49,9	47,2	29,6
a7	11,41	10,55	4,16	4,42	46,0	44,8	31,3
a8	10,48	10,40	3,84	4,34	46,1	44,4	31,7
a9	9,55	9,62	3,74	4,02	43,7	43,7	33,4
a10	9,93	8,97	3,72	3,76	47,1	44,6	31,3
a11	9,71	9,28	3,30	4,34	45,6	42,5	32,7
a12	9,49	9,49	3,74	4,26	43,6	41,2	36,1
a13	10,41	9,76	4,04	4,16	43,3	40,8	35,4
b1	9,30	8,88	3,32	3,58	43,1	45,2	32,3
b2	9,13	8,81	3,20	3,66	50,2	45,0	32,4
b3	9,76	9,83	3,96	4,38	46,2	42,1	34,9
b4	10,05	10,10	3,82	3,42	55,5	41,6	33,4
b5	9,25	9,42	3,52	3,50	52,9	49,2	30,8
b6	9,59	9,64	3,58	4,06	53,5	47,6	31,4

(continua)

amostra	CTC 3 (a.a.)	CTC 3 (p.c.)	Zn (a.a.) ppm	Zn (p.c.) ppm	argila % (a.a.)	argila % (p.c.)	areia % (a.a.)
b7	9,03	8,96	3,04	3,12	53,5	51,8	30,0
b8	8,97	9,27	2,80	3,32	52,8	49,9	30,5
b9	9,50	9,40	3,78	3,94	50,4	48,2	32,7
b10	9,04	9,38	3,62	7,20	48,7	46,1	32,8
b11	9,04	8,79	3,44	4,06	42,7	45,9	32,7
b12	8,79	9,21	3,00	3,54	48,2	45,7	33,6
b13	9,27	9,39	3,70	3,56	43,3	44,4	34,3
c1	8,94	9,06	3,12	3,34	47,9	47,5	31,8
c2	8,70	8,99	3,20	3,20	47,8	47,4	31,3
c3	8,32	8,76	2,14	2,52	51,0	45,5	29,0
c4	9,22	9,81	3,34	3,20	50,8	47,0	30,8
c5	9,21	10,10	3,04	3,26	51,4	49,5	29,9
c6	8,69	8,96	2,98	3,44	51,9	52,2	30,5
c7	9,16	9,72	3,14	2,96	48,6	49,7	32,7
c8	9,32	9,45	3,08	3,10	47,9	49,3	31,5
c9	8,56	10,64	3,34	3,92	47,2	47,6	29,8
c10	8,51	8,62	2,20	2,36	52,6	51,6	30,4
c11	8,64	9,12	2,44	2,96	54,9	48,7	30,6
c12	9,00	8,64	3,48	2,82	51,5	47,0	33,1

(continua)

amostra	CTC (a.a.) ³	CTC (p.c.) ³	Zn (a.a.) ppm	Zn (p.c.) ppm	argila % (a.a.)	argila % (p.c.)	areia % (a.a.)
c13	8,48	8,82	2,34	3,98	51,4	46,7	33,3
d1	8,20	8,87	3,38	3,82	50,6	44,5	32,3
d2	9,60	8,86	2,88	3,00	50,8	43,4	31,2
d3	8,38	8,94	2,52	3,08	49,5	48,2	32,2
d4	9,65	9,82	3,74	3,96	50,9	48,6	30,7
d5	9,62	9,69	3,58	4,04	53,8	49,6	29,5
d6	9,02	9,42	3,04	4,04	51,5	49,0	29,9
d7	9,40	9,01	2,00	3,58	48,7	45,8	31,4
d8	9,23	9,68	3,56	3,78	48,6	43,8	32,8
d9	9,74	10,14	3,88	3,98	50,0	44,5	31,9
d10	9,84	10,10	4,52	5,02	48,5	44,0	34,1
d11	9,23	9,86	5,34	4,84	46,2	43,4	34,0
d12	8,84	9,56	3,22	3,82	47,9	44,8	32,5
d13	9,18	9,75	3,60	3,48	48,0	45,1	33,5

amostra	area % (p.c.)	silte % (a.a.)	silte % (p.c.)	% N planta	% P planta	% K planta	ppm Zn planta
a1	33,4	25,8	20,4	0,91	0,173	1,49	45,6
a2	34,9	22,7	20,5	0,83	0,173	1,61	47,7
a3	34,6	21,2	25,1	0,77	0,158	1,49	39,2
a4	34,3	21,0	25,0	0,74	0,158	1,25	32,2
a5	31,2	19,7	26,2	0,74	0,135	1,19	35,0
a6	31,3	20,5	21,5	0,71	0,150	1,25	30,8
a7	32,2	22,7	23,0	0,86	0,173	1,49	32,5
a8	32,9	22,2	22,7	0,68	0,177	1,37	33,8
a9	33,7	22,9	22,6	0,97	0,142	1,37	41,4
a10	33,5	21,6	21,9	0,83	0,112	1,49	44,7
a11	34,1	21,7	23,4	0,77	0,142	1,55	50,2
a12	35,5	20,3	23,3	1,08	0,135	1,67	49,4
a13	34,8	21,3	24,4	1,17	0,123	1,55	40,5
b1	32,5	24,6	22,3	0,63	0,135	1,13	35,0
b2	33,2	17,4	21,8	0,68	0,189	1,49	33,3
b3	34,1	18,9	23,8	0,63	0,177	1,37	32,9
b4	33,0	11,1	25,4	0,60	0,138	0,83	28,7
b5	30,7	16,3	20,1	0,68	0,146	1,19	27,8
b6	33,4	15,1	19,0	0,68	0,139	1,07	27,0

(continua)

amostra	area % (p.c.)	silte % (a.a.)	silte % (p.c.)	% N planta	% P planta	% K planta	ppm Zn planta
b7	30,6	16,5	17,6	0,54	0,142	1,01	26,6
b8	30,7	16,7	19,4	0,60	0,158	1,13	34,2
b9	30,5	16,9	21,3	0,57	0,166	1,19	38,8
b10	32,7	18,5	21,2	0,71	0,139	1,49	38,0
b11	33,3	24,6	20,8	0,83	0,219	1,49	49,4
b12	33,0	18,2	21,3	0,80	0,185	1,37	49,4
b13	34,6	22,4	21,0	0,94	0,258	1,67	47,7
c1	31,4	20,3	21,1	0,65	0,169	1,37	36,7
c2	31,1	20,9	21,5	0,57	0,173	1,49	36,3
c3	28,6	20,0	25,9	0,54	0,154	1,25	28,7
c4	30,7	18,4	22,3	0,57	0,192	1,19	32,5
c5	31,5	18,7	19,0	0,54	0,177	0,95	37,1
c6	30,4	17,6	17,4	0,83	0,158	0,89	27,8
c7	31,1	18,7	19,2	0,66	0,150	1,07	28,3
c8	30,0	20,6	20,7	0,63	0,150	1,19	32,9
c9	30,2	23,0	22,2	0,63	0,181	1,19	45,1
c10	29,6	17,0	18,8	0,68	0,123	1,43	38,4
c11	32,7	14,5	18,6	0,88	0,115	1,55	45,1
c12	34,2	15,4	18,8	0,77	0,119	1,37	49,4

(continua)

amostra	areaia % (p.c.)	silte % (a.a.)	silte % (p.c.)	% N planta	% P planta	% K planta	ppm Zn planta
c13	32,4	15,3	20,9	0,68	0,092	1,31	31,6
d1	32,0	17,1	23,5	0,63	0,139	1,19	37,1
d2	33,1	18,0	23,5	0,57	0,139	1,31	40,9
d3	31,6	18,3	20,2	0,54	0,139	1,31	41,8
d4	31,2	18,4	20,2	0,66	0,135	0,95	27,8
d5	31,3	16,7	19,1	0,54	0,123	0,77	32,5
d6	31,1	18,6	19,9	0,66	0,150	1,25	49,8
d7	33,8	19,9	20,4	0,66	0,146	0,89	41,4
d8	32,6	18,6	23,6	0,60	0,177	1,37	53,6
d9	32,5	18,1	23,0	0,66	0,162	1,43	46,4
d10	34,7	17,4	21,3	0,86	0,169	1,96	57,8
d11	35,2	19,8	21,4	0,74	0,139	1,61	59,1
d12	34,7	19,6	20,5	0,88	0,235	1,67	69,2
d13	33,3	18,5	21,6	1,00	0,169	1,96	47,3

amostra	P/Zn planta	extração N g/m ²	extração P g/m ²	extração K g/m ²	extração Zn mg/m ²
a1	38	6,39	1,21	10,46	32,0
a2	36	6,86	1,43	13,30	39,4
a3	40	7,00	1,44	13,54	35,6
a4	49	4,91	1,05	8,30	21,4
a5	39	4,90	0,90	7,89	23,2
a6	49	6,12	1,29	10,78	26,5
a7	53	7,65	1,54	13,26	28,9
a8	52	5,09	1,33	10,26	25,3
a9	34	7,53	1,10	10,63	32,1
a10	25	6,20	0,84	11,13	33,4
a11	28	6,62	1,22	13,33	43,2
a12	27	8,10	1,01	12,52	37,1
a13	30	5,79	0,61	7,67	20,0
b1	39	3,53	0,76	6,34	19,6
b2	57	3,08	0,85	6,75	15,1
b3	54	3,04	0,85	6,60	15,9
b4	48	2,62	0,63	3,63	12,5
b5	53	3,79	0,81	6,63	15,5
b6	51	4,21	0,86	6,63	16,7

(continua)

amostra	P/Zn planta	extração N g/m ²	extração P g/m ²	extração K g/m ²	extração Zn mg/m ²
b7	53	2,74	0,72	5,13	13,5
b8	46	3,52	0,93	6,63	20,0
b9	43	3,94	1,15	8,23	26,8
b10	37	4,45	0,87	9,34	23,8
b11	44	2,67	0,71	4,80	15,9
b12	37	2,62	0,60	4,48	16,2
b13	54	2,74	0,75	4,86	13,9
c1	46	4,16	1,08	8,77	23,5
c2	48	1,63	0,49	4,26	10,4
c3	54	1,99	0,57	4,61	10,6
c4	59	2,84	0,96	5,94	16,2
c5	48	2,62	0,86	4,62	18,0
c6	57	4,98	0,95	5,34	16,7
c7	53	4,63	1,05	7,50	19,8
c8	46	5,18	1,23	9,79	27,4
c9	40	3,48	1,00	6,58	24,9
c10	32	5,13	0,93	10,78	29,0
c11	25	6,95	0,91	12,25	35,6
c12	24	6,36	0,98	11,32	42,6

(continua)

amostra	P/Zn planta	extração N g/m ²	extração P g/m ²	extração K g/m ²	extração Zn mg/m ²
c13	29	5,13	0,69	9,88	23,8
d1	37	3,85	0,85	7,27	22,7
d2	34	4,46	1,09	10,26	32,0
d3	33	3,48	0,90	8,44	26,9
d4	49	4,98	1,02	7,17	21,0
d5	38	2,84	0,65	4,05	17,1
d6	30	5,85	1,33	11,09	44,2
d7	35	5,74	1,27	7,73	36,0
d8	33	4,19	1,24	9,56	37,4
d9	35	6,07	1,49	13,16	42,7
d10	29	6,45	1,27	14,70	43,4
d11	24	3,63	0,68	7,89	29,0
d12	34	4,06	1,08	7,70	31,9
d13	36	4,86	0,82	9,53	23,0

¹(a.a.) = antes da adubação

²(p.c.) = pós-colheita

³me/100 ml de terra

A N E X O C

AUTOCORRELOGRAMAS E SEMIVARIOGRAMAS

CALCULADOS PARA UMA DIREÇÃO

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação $r(L)$	semivariância $\gamma(L)$
produção	10	48	0,4112	14109,7
	20	44	0,4108	13117,1
	30	40	0,0149	22551,8
	40	36	-0,0662	24790,5
	50	32	-0,1318	26285,3
	60	28	-0,1661	28294,7
	70	24	-0,2173	25910,1
matéria seca	10	48	0,6125	11713,9
	20	44	0,3730	16899,1
	30	40	0,2666	18193,3
	40	36	0,2234	20788,1
	50	32	0,1683	23433,2
	60	28	0,0419	28197,9
	70	24	0,1177	25305,0
altura planta	10	48	0,7538	20,66
	20	44	0,6146	34,22
	30	40	0,5360	40,43
	40	36	0,6699	33,65
	50	32	0,7215	30,56
	60	28	0,5990	34,77
	70	24	0,5319	37,10
perf. efetivo	10	48	0,0722	0,0033
	20	44	0,0241	0,0034
	30	40	-0,0203	0,0037
	40	36	-0,0629	0,0040
	50	32	-0,0988	0,0041
	60	28	-0,4333	0,0055
	70	24	0,0730	0,0033

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
nº perfilhos/ metro quadrado	10	48	0,4353	695,18
	20	44	0,2882	748,99
	30	40	0,0515	1012,53
	40	36	0,1640	932,24
	50	32	0,2029	907,17
	60	28	0,0583	1148,80
	70	24	0,0765	1190,10
nº panículas/ metro quadrado	10	48	0,3716	646,05
	20	44	0,3185	601,89
	30	40	0,1149	802,78
	40	36	0,1396	815,17
	50	32	0,0682	950,72
	60	28	-0,0824	1165,14
	70	24	0,0083	1020,13
nº grãos cheios/ metro quadrado	10	48	0,2010	0,4020
	20	44	0,3089	0,3261
	30	40	-0,0592	0,5276
	40	36	-0,0446	0,5194
	50	32	-0,0680	0,5476
	60	28	-0,0267	0,5404
	70	24	0,0447	0,4676
peso 100 grãos	10	48	0,2879	0,0882
	20	44	0,1821	0,0863
	30	40	-0,0375	0,1085
	40	36	-0,1356	0,1207
	50	32	-0,3055	0,1459
	60	28	-0,3365	0,1570
	70	24	-0,2807	0,1595

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (n°)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
% grãos. chochos	10	48	0,3106	135,15
	20	44	0,2321	136,31
	30	40	-0,0370	190,27
	40	36	-0,2071	219,19
	50	32	-0,3434	251,67
	60	28	-0,2925	253,32
	70	24	-0,4659	299,72
índice colheita	10	48	0,0622	0,0321
	20	44	0,1324	0,0269
	30	40	-0,2941	0,0433
	40	36	0,0791	0,0302
	50	32	0,0924	0,0298
	60	28	-0,0155	0,0361
	70	24	-0,4748	0,0521
pH solo (a.a.) ¹	10	48	0,7051	0,0103
	20	44	0,3280	0,0227
	30	40	-0,0765	0,0352
	40	36	-0,3070	0,0418
	50	32	-0,5322	0,0510
	60	28	-0,5025	0,0496
	70	24	-0,3932	0,0458
pH solo (p.c.) ²	10	48	0,5045	0,0150
	20	44	0,0499	0,0272
	30	40	-0,1126	0,0318
	40	36	-0,2540	0,0356
	50	32	-0,5613	0,0459
	60	28	-0,7297	0,0483
	70	24	-0,5122	0,0414

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
C org. solo (a.a.)	10	48	0,4685	0,0037
	20	44	0,3268	0,0047
	30	40	0,3453	0,0045
	40	36	0,2815	0,0045
	50	32	0,1486	0,0054
	60	28	0,3021	0,0050
	70	24	0,4076	0,0034
C org. solo (p.c.)	10	48	0,4898	0,0041
	20	44	0,4086	0,0046
	30	40	0,4523	0,0037
	40	36	0,3381	0,0047
	50	32	0,1303	0,0069
	60	28	0,1596	0,0073
	70	24	0,3212	0,0061
P solo (a.a.)	10	48	0,5563	0,0017
	20	44	0,3659	0,0026
	30	40	0,1877	0,0035
	40	36	-0,0397	0,0041
	50	32	-0,2840	0,0051
	60	28	-0,2833	0,0047
	70	24	-0,4522	0,0057
P solo (p.c.)	10	48	0,3496	0,0037
	20	44	0,3098	0,0042
	30	40	0,1023	0,0057
	40	36	-0,1517	0,0073
	50	32	-0,3093	0,0084
	60	28	-0,2494	0,0064
	70	24	-0,4371	0,0080

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (n?)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
K solo (a.a.)	10	48	0,5675	0,0029
	20	44	0,4237	0,0043
	30	40	0,2734	0,0056
	40	36	0,2177	0,0057
	50	32	0,1016	0,0062
	60	28	0,0125	0,0067
	70	24	-0,2980	0,0096
K solo (p.c.)	10	48	0,4916	0,0036
	20	44	0,1916	0,0056
	30	40	0,0821	0,0067
	40	36	-0,0913	0,0078
	50	32	-0,1573	0,0082
	60	28	-0,0460	0,0077
	70	24	-0,0950	0,0086
Ca solo (a.a.)	10	48	0,5885	0,1624
	20	44	0,4384	0,2312
	30	40	0,1615	0,3456
	40	36	-0,0964	0,4634
	50	32	-0,1818	0,5111
	60	28	-0,1723	0,4689
	70	24	-0,0184	0,3081
Ca solo (p.c.)	10	48	0,7868	0,1023
	20	44	0,5337	0,2032
	30	40	0,2769	0,3195
	40	36	0,0169	0,4464
	50	32	-0,1010	0,5087
	60	28	-0,1863	0,4768
	70	24	-0,1451	0,4163

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
Mg solo (a.a.)	10	48	0,1024	0,0445
	20	44	0,0631	0,0486
	30	40	0,1919	0,0449
	40	36	0,2263	0,0464
	50	32	0,0530	0,0435
	60	28	0,1711	0,0427
	70	24	0,0975	0,0387
Mg solo (p.c.)	10	48	0,2193	0,0611
	20	44	0,0047	0,0791
	30	40	0,0570	0,0779
	40	36	0,3266	0,0636
	50	32	0,1456	0,0524
	60	28	-0,0454	0,0733
	70	24	0,1459	0,0678
Al solo (a.a.)	10	48	0,2097	$1,14 \cdot 10^{-4}$
	20	44	-0,1327	$2,21 \cdot 10^{-4}$
	30	40	-0,0391	$2,19 \cdot 10^{-4}$
	40	36	-0,1769	$2,20 \cdot 10^{-4}$
	50	32	-0,0749	$1,18 \cdot 10^{-4}$
	60	28	0,0293	$1,17 \cdot 10^{-4}$
	70	24	-0,0927	$2,19 \cdot 10^{-4}$
Al solo (p.c.)	10	48	0,0140	$4,03 \cdot 10^{-4}$
	20	44	0,1781	$3,51 \cdot 10^{-4}$
	30	40	0,0751	$4,11 \cdot 10^{-4}$
	40	36	-0,1398	$5,14 \cdot 10^{-4}$
	50	32	0,0119	$4,20 \cdot 10^{-4}$
	60	28	-0,2976	$5,56 \cdot 10^{-4}$
	70	24	-0,1235	$4,89 \cdot 10^{-4}$

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
H solo	10	48	0,6708	0,0413
(a.a.)	20	44	0,4044	0,0800
	30	40	0,0267	0,1233
	40	36	-0,3664	0,1760
	50	32	-0,5288	0,2038
	60	28	-0,4620	0,1876
	70	24	-0,2153	0,1511
H solo	10	48	0,6745	0,0513
(p.c.)	20	44	0,4119	0,0894
	30	40	0,1009	0,1289
	40	36	-0,3329	0,1922
	50	32	-0,5073	0,2221
	60	28	-0,5036	0,2067
	70	24	-0,3013	0,1661
soma de bases	10	48	0,6538	0,1920
(a.a.)	20	44	0,4163	0,3184
	30	40	0,1199	0,4713
	40	36	-0,1110	0,6067
	50	32	-0,1468	0,6652
	60	28	-0,1721	0,6542
	70	24	-0,1128	0,4337
soma de bases	10	48	0,6053	0,2206
(a.a.)	20	44	0,2744	0,3979
	30	40	-0,0988	0,6056
	40	36	-0,2871	0,7225
	50	32	-0,4374	0,7734
	60	28	-0,5547	0,7901
	70	24	-0,4858	0,7322

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação · r(L)	semivariância γ(L)
CTC (a.a.)	10	48	0,5795	0,1598
	20	44	0,5664	0,1844
	30	40	0,5696	0,1819
	40	36	0,4588	0,2323
	50	32	0,5380	0,2294
	60	28	0,5318	0,2364
	70	24	0,4360	0,1665
CTC (p.c.)	10	48	0,4742	0,1740
	20	44	0,2589	0,2484
	30	40	-0,0342	0,3485
	40	36	0,0592	0,3258
	50	32	0,0296	0,3063
	60	28	-0,1303	0,3606
	70	24	-0,1919	0,3624
Zn solo (a.a.)	10	48	0,3897	0,2326
	20	44	0,2093	0,3229
	30	40	0,1794	0,2775
	40	36	0,0906	0,2927
	50	32	0,3190	0,2393
	60	28	0,2427	0,2987
	70	24	0,2333	0,2518
Zn solo (p.c.)	10	48	0,3675	0,3711
	20	44	0,1004	0,5363
	30	40	0,0371	0,5679
	40	36	0,3046	0,2731
	50	32	0,2361	0,3503
	60	28	0,1726	0,4286
	70	24	0,3814	0,3424

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (n°)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
argila (a.a.)	10	48	0,5527	4,369
	20	44	0,5132	5,095
	30	40	0,1501	8,563
	40	36	0,1446	8,711
	50	32	-0,0082	10,273
	60	28	-0,0155	10,626
	70	24	-0,0544	10,517
argila (p.c.)	10	48	0,7234	2,688
	20	44	0,4631	5,280
	30	40	0,2072	7,382
	40	36	0,1506	7,594
	50	32	0,1117	8,058
	60	28	0,1089	7,840
	70	24	0,1733	6,719
areia (a.a.)	10	48	0,4910	1,228
	20	44	0,1540	2,038
	30	40	0,0219	2,264
	40	36	-0,1344	2,722
	50	32	-0,1809	2,804
	60	28	-0,1709	2,820
	70	24	-0,1084	2,838
areia (p.c.)	10	48	0,6536	1,012
	20	44	0,4071	1,626
	30	40	0,2226	1,967
	40	36	0,0812	2,309
	50	32	0,0569	2,408
	60	28	-0,0526	2,735
	70	24	0,1286	2,391

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
silte (a.a.)	10	48	0,4734	3,599
	20	44	0,4414	4,095
	30	40	0,0953	6,726
	40	36	0,1365	6,058
	50	32	0,1311	6,211
	60	28	0,2246	5,835
	70	24	0,0193	7,812
silte (p.c.)	10	48	0,5715	2,028
	20	44	0,1472	4,048
	30	40	-0,1716	5,224
	40	36	-0,0201	4,566
	50	32	0,1949	3,598
	60	28	0,3206	3,045
	70	24	0,1548	3,461
% N planta	10	48	0,5414	0,0072
	20	44	0,3551	0,0103
	30	40	0,3542	0,0106
	40	36	0,1758	0,0153
	50	32	0,1113	0,0164
	60	28	0,1764	0,0167
	70	24	-0,0856	0,0229
% P planta	10	48	0,3095	$4,93 \cdot 10^{-4}$
	20	44	0,2972	$4,50 \cdot 10^{-4}$
	30	40	0,0447	$6,64 \cdot 10^{-4}$
	40	36	0,0360	$6,64 \cdot 10^{-4}$
	50	32	-0,0574	$7,93 \cdot 10^{-4}$
	60	28	-0,1615	$9,64 \cdot 10^{-4}$
	70	24	-0,3714	$12,43 \cdot 10^{-4}$

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação $r(L)$	semivariância $\gamma(L)$
% K planta	10	48	0,5727	0,0266
	20	44	0,4121	0,0388
	30	40	0,2595	0,0524
	40	36	-0,0928	0,0708
	50	32	-0,3457	0,0867
	60	28	-0,5343	0,1019
	70	24	-0,4107	0,0889
ppm Zn planta	10	48	0,7074	29,81
	20	44	0,5287	39,15
	30	40	0,3385	54,29
	40	36	0,1460	69,96
	50	32	-0,0924	95,92
	60	28	-0,2266	105,71
	70	24	-0,3683	117,02
P / Zn	10	48	0,7356	28,97
	20	44	0,5407	46,91
	30	40	0,3258	64,00
	40	36	0,1273	80,19
	50	32	-0,0701	106,31
	60	28	-0,2361	125,46
	70	24	-0,2895	124,17
extração N	10	48	0,6471	0,989
	20	44	0,5124	1,159
	30	40	0,4856	1,089
	40	36	0,4521	1,244
	50	32	0,4310	1,278
	60	28	0,4360	1,501
	70	24	0,2825	1,737

(continua)

parâmetro	distância (m)	pares (nº)	autocorrelação r(L)	semivariância $\gamma(L)$
extração P	10	48	0,4653	0,0354
	20	44	0,1976	0,0515
	30	40	0,1984	0,0501
	40	36	0,1783	0,0550
	50	32	0,1013	0,0610
	60	28	0,1476	0,0589
	70	24	0,0675	0,0557
extração K	10	48	0,6049	3,710
	20	44	0,3311	5,787
	30	40	0,3307	5,457
	40	36	0,4307	4,394
	50	32	0,1769	6,410
	60	28	0,1269	7,331
	70	24	0,2310	6,400
extração Zn	10	48	0,6938	31,56
	20	44	0,4633	47,50
	30	40	0,3691	52,92
	40	36	0,3411	55,32
	50	32	0,1175	76,49
	60	28	0,1069	77,70
	70	24	0,0744	82,59

¹(a.a.) = antes da adubação

²(p.c.) = pós-colheita

AUTOCORRELOGRAMAS E SEMIVARIOGRAMAS

CALCULADOS PARA TODAS AS DIREÇÕES

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		produção		matéria seca		altura planta	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,232	16854	0,210	25588	0,367	50,53
14,1	72	-0,016	21540	-0,213	36469	-0,153	91,44
20,0	70	0,284	16112	0,238	21251	0,181	68,48
22,4	114	0,042	20415	-0,071	30590	-0,324	108,70
28,3	44	-0,027	23131	-0,185	33058	-0,609	133,88
30,0	53	0,177	20540	0,305	17055	0,492	45,13
31,6	84	0,000	23082	-0,032	27050	-0,009	84,58
36,1	62	0,028	24970	-0,088	29006	-0,224	105,20
40,0	36	-0,066	24791	0,223	20788	0,670	33,65
41,2	54	-0,242	25327	-0,329	36361	-0,095	90,94
42,4	20	-0,008	31505	0,345	16850	0,372	64,85
44,7	36	-0,398	32342	-0,324	36542	-0,521	130,21
50,0	50	-0,127	29990	0,192	22778	0,575	46,64
51,0	48	-0,309	27309	-0,391	39478	-0,225	100,50
53,9	32	-0,376	31828	-0,345	38154	-0,511	130,06
58,3	16	-0,281	38639	0,202	23005	0,400	77,69
60,0	28	-0,166	28295	0,042	28198	0,599	34,77
60,8	42	-0,082	23229	-0,234	36527	-0,274	100,79
63,2	28	-0,364	32768	-0,291	37707	-0,464	120,20
67,1	14	-0,239	39285	0,024	27587	0,397	65,50
70,0	24	-0,217	25910	0,118	25305	0,542	37,10

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		perfilhamento efetivo		nº perfilhos/m ²		nº panículas/m ²	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,008	4,1.10 ⁻³	0,136	1087	0,073	987
14,1	72	0,061	4,1.10 ⁻³	-0,239	1563	-0,161	1239
20,0	70	0,078	3,6.10 ⁻³	0,250	847	0,261	704
22,4	114	0,010	4,0.10 ⁻³	-0,082	1266	-0,073	1061
28,3	44	-0,029	3,9.10 ⁻³	0,022	1081	0,022	914
30,0	53	0,083	3,4.10 ⁻³	0,123	940	0,173	742
31,6	84	0,026	3,7.10 ⁻³	-0,012	1119	-0,023	955
36,1	62	-0,019	3,6.10 ⁻³	0,029	1051	0,015	906
40,0	36	-0,063	4,3.10 ⁻³	0,164	932	0,140	815
41,2	54	0,214	3,6.10 ⁻³	-0,126	1290	-0,161	1125
42,4	20	0,062	2,5.10 ⁻³	0,002	1064	-0,049	971
44,7	36	0,317	2,9.10 ⁻³	-0,026	1168	-0,054	1018
50,0	50	-0,028	3,8.10 ⁻³	0,067	1069	-0,014	1022
51,0	48	0,185	3,6.10 ⁻³	-0,088	1276	-0,151	1192
53,9	32	-0,193	4,8.10 ⁻³	-0,179	1379	-0,276	1310
58,3	16	-0,014	3,2.10 ⁻³	-0,063	1209	-0,091	1083
60,0	28	-0,433	6,0.10 ⁻³	0,058	1149	-0,082	1165
60,8	42	-0,070	4,8.10 ⁻³	-0,166	1448	-0,047	1145
63,2	28	-0,241	5,3.10 ⁻³	-0,264	1545	-0,289	1380
67,1	14	-0,252	3,6.10 ⁻³	0,086	1054	-0,104	1134
70,0	24	0,073	5,2.10 ⁻³	0,077	1190	0,008	1020

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		nº grãos cheios / pan.		peso 100 grãos		grãos chochos	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,157	0,413	0,231	0,091	0,316	123
14,1	72	0,024	0,471	0,122	0,102	0,047	166
20,0	70	0,229	0,376	0,259	0,082	0,031	128
22,4	114	0,098	0,427	0,294	0,076	0,192	139
28,3	44	-0,163	0,566	0,039	0,104	0,108	161
30,0	53	-0,005	0,526	-0,021	0,116	0,031	201
31,6	84	0,035	0,481	0,064	0,103	0,036	185
36,1	62	-0,045	0,543	0,095	0,100	0,012	200
40,0	36	-0,045	0,519	-0,136	0,121	-0,207	219
41,2	54	-0,298	0,606	-0,171	0,119	-0,178	193
42,4	20	-0,001	0,584	0,016	0,118	-0,123	263
44,7	36	-0,418	0,709	-0,233	0,132	-0,216	221
50,0	50	-0,140	0,625	-0,279	0,148	-0,356	275
51,0	48	-0,359	0,659	-0,298	0,138	-0,284	217
53,9	32	-0,235	0,632	-0,286	0,144	-0,349	253
58,3	16	-0,048	0,649	-0,260	0,161	-0,417	334
60,0	28	-0,027	0,541	-0,336	0,157	-0,292	253
60,8	42	-0,107	0,551	-0,323	0,149	-0,194	209
63,2	28	-0,242	0,649	-0,263	0,148	-0,240	243
67,1	14	-0,113	0,673	-0,385	0,182	-0,482	363
70,0	24	0,045	0,467	-0,281	0,160	-0,466	300

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		índice colheita		pH solo (a.a.) ¹		pH solo (p.c.) ²	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,063	3,2.10 ⁻²	0,582	1,3.10 ⁻²	0,491	1,4.10 ⁻²
14,1	72	-0,093	3,7.10 ⁻²	0,388	1,9.10 ⁻²	0,382	1,6.10 ⁻²
20,0	70	0,126	2,9.10 ⁻²	0,448	1,9.10 ⁻²	0,243	2,2.10 ⁻²
22,4	114	0,135	2,7.10 ⁻²	0,341	2,1.10 ⁻²	0,269	2,0.10 ⁻²
28,3	44	-0,060	3,4.10 ⁻²	0,232	2,6.10 ⁻²	0,083	2,6.10 ⁻²
30,0	53	-0,203	4,2.10 ⁻²	0,041	3,3.10 ⁻²	0,088	2,7.10 ⁻²
31,6	84	-0,073	3,6.10 ⁻²	0,081	3,1.10 ⁻²	0,078	2,7.10 ⁻²
36,1	62	-0,053	3,5.10 ⁻²	-0,028	3,5.10 ⁻²	-0,025	3,2.10 ⁻²
40,0	36	0,079	3,0.10 ⁻²	-0,307	4,2.10 ⁻²	-0,254	3,6.10 ⁻²
41,2	54	0,086	2,9.10 ⁻²	-0,224	3,8.10 ⁻²	-0,208	3,2.10 ⁻²
42,4	20	-0,252	4,4.10 ⁻²	-0,156	4,0.10 ⁻²	-0,157	4,0.10 ⁻²
44,7	36	-0,069	3,5.10 ⁻²	-0,358	4,3.10 ⁻²	-0,234	3,5.10 ⁻²
50,0	50	-0,028	3,5.10 ⁻²	-0,448	4,9.10 ⁻²	-0,443	4,5.10 ⁻²
51,0	48	-0,223	4,0.10 ⁻²	-0,454	4,8.10 ⁻²	-0,413	3,9.10 ⁻²
53,9	32	-0,088	3,6.10 ⁻²	-0,599	5,3.10 ⁻²	-0,459	4,3.10 ⁻²
58,3	16	-0,317	4,6.10 ⁻²	-0,679	5,8.10 ⁻²	-0,558	5,4.10 ⁻²
60,0	28	-0,015	3,6.10 ⁻²	-0,502	5,0.10 ⁻²	-0,730	4,8.10 ⁻²
60,8	42	-0,062	3,7.10 ⁻²	-0,656	5,4.10 ⁻²	-0,517	4,1.10 ⁻²
63,2	28	0,001	3,6.10 ⁻²	-0,579	5,2.10 ⁻²	-0,665	4,7.10 ⁻²
67,1	14	0,007	3,8.10 ⁻²	-0,700	5,9.10 ⁻²	-0,806	5,5.10 ⁻²
70,0	24	-0,475	5,2.10 ⁻²	-0,393	4,6.10 ⁻²	-0,512	4,1.10 ⁻²

¹(a.a.) = antes da adubação²(p.c.) = pós-colheita

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		C.org. solo (a.a.)		C.org. solo (p.c.)		P solo (a.a.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,204	5.10 ⁻³	0,282	6.10 ⁻³	0,411	2.10 ⁻³
14,1	72	-0,204	9.10 ⁻³	0,047	7.10 ⁻³	0,140	2.10 ⁻³
20,0	70	0,13	6.10 ⁻³	0,140	7.10 ⁻³	0,288	3.10 ⁻³
22,4	114	-0,218	9.10 ⁻³	-0,092	9.10 ⁻³	0,038	3.10 ⁻³
28,3	44	-0,274	9.10 ⁻³	-0,186	10.10 ⁻³	-0,095	4.10 ⁻³
30,0	53	0,249	5.10 ⁻³	0,271	6.10 ⁻³	0,185	4.10 ⁻³
31,6	84	0,074	6.10 ⁻³	-0,410	8.10 ⁻³	-0,033	4.10 ⁻³
36,1	62	-0,293	8.10 ⁻³	-0,289	11.10 ⁻³	-0,050	5.10 ⁻³
40,0	36	0,282	5.10 ⁻³	0,338	5.10 ⁻³	-0,040	4.10 ⁻³
41,2	54	0,111	6.10 ⁻³	0,188	5.10 ⁻³	-0,128	4.10 ⁻³
42,4	20	0,197	5.10 ⁻³	-0,444	13.10 ⁻³	0,071	7.10 ⁻³
44,7	36	-0,372	9.10 ⁻³	-0,367	11.10 ⁻³	-0,143	5.10 ⁻³
50,0	50	0,076	6.10 ⁻³	-0,067	9.10 ⁻³	-0,029	5.10 ⁻³
51,0	48	0,115	6.10 ⁻³	0,115	6.10 ⁻³	-0,215	4.10 ⁻³
53,9	32	-0,231	8.10 ⁻³	-0,277	11.10 ⁻³	-0,299	5.10 ⁻³
58,3	16	0,094	5.10 ⁻³	-0,377	13.10 ⁻³	-0,317	8.10 ⁻³
60,0	28	0,302	5.10 ⁻³	0,160	7.10 ⁻³	-0,283	5.10 ⁻³
60,8	42	-0,071	8.10 ⁻³	0,120	7.10 ⁻³	-0,263	4.10 ⁻³
63,2	28	-0,313	9.10 ⁻³	-0,483	13.10 ⁻³	-0,226	5.10 ⁻³
67,1	14	-0,345	9.10 ⁻³	-0,293	13.10 ⁻³	-0,235	7.10 ⁻³
70,0	24	0,408	3.10 ⁻³	0,321	6.10 ⁻³	-0,452	6.10 ⁻³

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		P solo (p.c.)		K solo (a.a.)		K solo (p.c.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,283	3.10 ⁻³	0,285	5.10 ⁻³	0,304	5.10 ⁻³
14,1	72	0,127	4.10 ⁻³	0,000	6.10 ⁻³	0,09	6.10 ⁻³
20,0	70	0,204	5.10 ⁻³	0,345	5.10 ⁻³	0,187	6.10 ⁻³
22,4	114	0,081	5.10 ⁻³	0,067	6.10 ⁻³	0,025	7.10 ⁻³
28,3	44	-0,032	6.10 ⁻³	0,140	6.10 ⁻³	0,112	6.10 ⁻³
30,0	53	0,134	6.10 ⁻³	0,132	7.10 ⁻³	-0,106	8.10 ⁻³
31,6	84	0,000	6.10 ⁻³	-0,170	9.10 ⁻³	-0,286	9.10 ⁻³
36,1	62	0,010	8.10 ⁻³	0,008	9.10 ⁻³	-0,189	9.10 ⁻³
40,0	36	-0,152	7.10 ⁻³	0,218	6.10 ⁻³	-0,091	8.10 ⁻³
41,2	54	-0,077	5.10 ⁻³	-0,284	8.10 ⁻³	-0,195	8.10 ⁻³
42,4	20	-0,086	11.10 ⁻³	-0,011	12.10 ⁻³	-0,378	12.10 ⁻³
44,7	36	-0,037	7.10 ⁻³	0,146	6.10 ⁻³	0,024	7.10 ⁻³
50,0	50	-0,148	9.10 ⁻³	-0,037	9.10 ⁻³	-0,234	9.10 ⁻³
51,0	48	-0,142	6.10 ⁻³	-0,275	8.10 ⁻³	-0,037	7.10 ⁻³
53,9	32	-0,306	8.10 ⁻³	0,085	6.10 ⁻³	-0,180	8.10 ⁻³
58,3	16	-0,586	15.10 ⁻³	-0,519	13.10 ⁻³	-0,167	9.10 ⁻³
60,0	28	-0,249	6.10 ⁻³	0,013	7.10 ⁻³	-0,046	8.10 ⁻³
60,8	42	-0,175	5.10 ⁻³	-0,350	9.10 ⁻³	0,025	7.10 ⁻³
63,2	28	-0,179	6.10 ⁻³	-0,108	8.10 ⁻³	-0,197	9.10 ⁻³
67,1	14	-0,248	10.10 ⁻³	-0,194	11.10 ⁻³	0,110	7.10 ⁻³
70	24	-0,437	8.10 ⁻³	-0,298	10.10 ⁻³	-0,095	9.10 ⁻³

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		Ca solo (a.a.)		Ca solo (p.c.)		Mg solo (a.a.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,647	0,121	0,416	0,195	0,080	4,6.10 ⁻²
14,1	72	0,427	0,181	0,181	0,257	0,147	4,5.10 ⁻²
20,0	70	0,419	0,237	0,391	0,236	0,042	4,8.10 ⁻²
22,4	114	0,210	0,285	0,118	0,306	0,031	5,1.10 ⁻²
28,3	44	-0,072	0,435	0,060	0,367	-0,422	7,1.10 ⁻²
30,0	53	0,153	0,396	0,163	0,368	0,093	4,6.10 ⁻²
31,6	84	-0,043	0,432	-0,064	0,415	-0,112	5,9.10 ⁻²
36,1	62	-0,325	0,619	-0,154	0,515	-0,204	5,9.10 ⁻²
40,0	36	0,017	0,446	-0,096	0,463	0,226	4,6.10 ⁻²
41,2	54	-0,120	0,413	-0,218	0,433	-0,010	6,3.10 ⁻²
42,4	20	-0,548	0,860	0,019	0,591	-0,285	5,4.10 ⁻²
44,7	36	-0,511	0,648	-0,401	0,572	-0,264	6,9.10 ⁻²
50,0	50	-0,297	0,671	-0,212	0,597	-0,104	4,9.10 ⁻²
51,0	48	-0,227	0,472	-0,380	0,502	0,098	4,1.10 ⁻²
53,9	32	-0,631	0,711	-0,554	0,643	-0,129	5,2.10 ⁻²
58,3	16	-0,093	1,072	-0,557	0,880	-0,284	5,9.10 ⁻²
60,0	28	-0,186	0,477	-0,172	0,469	0,171	4,3.10 ⁻²
60,8	42	-0,333	0,473	-0,342	0,464	-0,090	5,5.10 ⁻²
63,2	28	-0,626	0,644	-0,447	0,566	-0,267	6,3.10 ⁻²
67,1	14	-0,893	0,915	-0,486	0,771	-0,396	6,8.10 ⁻²
70,0	24	-0,145	0,416	-0,018	0,308	0,098	3,9.10 ⁻²

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		Mg solo (p.c.)		Al solo (a.a.)		Al solo (p.c.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,268	5,8.10 ⁻²	0,090	1,6.10 ⁻⁴	0,050	4,1.10 ⁻⁴
14,1	72	0,280	6,3.10 ⁻²	0,034	1,7.10 ⁻⁴	0,050	4,1.10 ⁻⁴
20,0	70	0,060	7,3.10 ⁻²	-0,061	2,0.10 ⁻⁴	0,110	3,9.10 ⁻⁴
22,4	114	-0,088	8,9.10 ⁻²	0,028	1,7.10 ⁻⁴	0,050	4,1.10 ⁻⁴
28,3	44	-0,369	10,7.10 ⁻²	-0,007	1,9.10 ⁻⁴	0,105	3,9.10 ⁻⁴
30,0	53	0,101	6,8.10 ⁻²	-0,055	2,1.10 ⁻⁴	-0,037	4,4.10 ⁻⁴
31,6	84	-0,079	8,8.10 ⁻²	-0,105	2,1.10 ⁻⁴	-0,023	4,5.10 ⁻⁴
36,1	62	-0,401	10,3.10 ⁻²	-0,172	2,3.10 ⁻⁴	0,059	4,0.10 ⁻⁴
40,0	36	0,327	6,4.10 ⁻²	-0,177	2,1.10 ⁻⁴	-0,140	5,1.10 ⁻⁴
41,2	54	0,094	9,1.10 ⁻²	-0,133	1,9.10 ⁻⁴	0,040	4,6.10 ⁻⁴
42,4	20	-0,383	8,3.10 ⁻²	0,188	1,9.10 ⁻⁴	-0,464	5,7.10 ⁻⁴
44,7	36	-0,090	9,4.10 ⁻²	-0,069	1,9.10 ⁻⁴	-0,326	5,9.10 ⁻⁴
50,0	50	-0,055	6,5.10 ⁻²	0,152	1,5.10 ⁻⁴	-0,010	4,1.10 ⁻⁴
51,0	48	0,136	5,7.10 ⁻²	-0,177	2,0.10 ⁻⁴	-0,105	4,9.10 ⁻⁴
53,9	32	-0,260	8,2.10 ⁻²	0,012	1,7.10 ⁻⁴	-0,010	4,3.10 ⁻⁴
58,3	16	-0,287	7,1.10 ⁻²	0,244	1,6.10 ⁻⁴	-0,087	4,1.10 ⁻⁴
60,0	28	-0,045	7,3.10 ⁻²	0,029	1,8.10 ⁻⁴	-0,298	5,6.10 ⁻⁴
60,8	42	-0,160	8,7.10 ⁻²	-0,154	2,0.10 ⁻⁴	-0,184	5,3.10 ⁻⁴
63,2	28	-0,600	11,4.10 ⁻²	0,029	1,8.10 ⁻⁴	-0,031	4,5.10 ⁻⁴
67,1	14	-0,442	8,4.10 ⁻²	-0,304	2,6.10 ⁻⁴	-0,084	4,2.10 ⁻⁴
70	24	0,146	6,8.10 ⁻²	-0,093	2,0.10 ⁻⁴	-0,123	4,9.10 ⁻⁴

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		H solo (a.a.)		H solo (p.c.)		soma bases (a.a.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,558	4,9.10 ⁻²	0,575	5,4.10 ⁻²	0,471	0,226
14,1	72	0,344	6,9.10 ⁻²	0,484	6,1.10 ⁻²	0,246	0,292
20,0	70	0,379	8,1.10 ⁻²	0,422	8,4.10 ⁻²	0,360	0,331
22,4	114	0,245	9,1.10 ⁻²	0,263	9,9.10 ⁻²	0,153	0,380
28,3	44	0,102	11,8.10 ⁻²	0,126	12,8.10 ⁻²	-0,051	0,544
30,0	53	0,117	12,3.10 ⁻²	0,221	12,2.10 ⁻²	0,142	0,509
31,6	84	0,027	12,7.10 ⁻²	0,068	13,7.10 ⁻²	0,026	0,509
36,1	62	-0,095	15,4.10 ⁻²	-0,144	17,8.10 ⁻²	-0,194	0,722
40,0	36	-0,366	17,6.10 ⁻²	-0,333	19,2.10 ⁻²	-0,111	0,608
41,2	54	-0,294	15,8.10 ⁻²	-0,327	18,1.10 ⁻²	-0,149	0,505
42,4	20	-0,241	18,9.10 ⁻²	-0,397	23,0.10 ⁻²	0,027	0,837
44,7	36	-0,409	18,1.10 ⁻²	-0,546	22,1.10 ⁻²	-0,475	0,781
50,0	50	-0,429	19,9.10 ⁻²	-0,486	22,9.10 ⁻²	-0,273	0,842
51,0	48	-0,384	17,5.10 ⁻²	-0,523	21,3.10 ⁻²	-0,328	0,625
53,9	32	-0,662	22,1.10 ⁻²	-0,597	23,4.10 ⁻²	-0,581	0,873
58,3	16	-0,636	24,7.10 ⁻²	-0,834	29,9.10 ⁻²	-0,791	1,346
60,0	28	-0,462	18,8.10 ⁻²	-0,504	20,7.10 ⁻²	-0,172	0,654
60,8	42	-0,456	17,4.10 ⁻²	-0,462	19,1.10 ⁻²	-0,349	0,625
63,2	28	-0,616	20,7.10 ⁻²	-0,665	22,8.10 ⁻²	-0,572	0,845
67,1	14	-0,381	21,6.10 ⁻²	-0,397	22,4.10 ⁻²	-0,727	1,251
70,0	24	-0,215	15,1.10 ⁻²	-0,301	16,6.10 ⁻²	-0,113	0,434

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		soma bases (p.c.)		CTC (a.a.)		CTC (p.c.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,568	0,209	0,343	0,233	0,326	0,212
14,1	72	0,458	0,246	0,052	0,322	0,165	0,260
20,0	70	0,394	0,325	0,194	0,324	0,235	0,249
22,4	114	0,234	0,380	-0,120	0,416	-0,083	0,343
28,3	44	0,111	0,480	-0,547	0,619	-0,127	0,369
30,0	53	0,571	0,380	0,285	-0,285	-0,046	0,352
31,6	84	-0,037	0,564	-0,020	0,404	-0,162	0,379
36,1	62	-0,123	0,671	-0,440	0,630	-0,190	0,411
40,0	36	-0,287	0,723	0,459	0,232	0,059	0,326
41,2	54	-0,296	0,659	0,001	0,348	-0,090	0,349
42,4	20	-0,232	0,853	0,053	0,551	0,072	0,375
44,7	36	-0,309	0,734	-0,568	0,631	-0,130	0,385
50,0	50	-0,390	0,836	0,227	0,406	0,042	0,338
51,0	48	-0,365	0,668	-0,034	0,382	0,055	0,279
53,9	32	-0,609	0,859	-0,582	0,662	-0,319	0,414
58,3	16	-0,628	1,073	-0,480	0,823	0,037	0,363
60,0	28	-0,555	0,790	0,532	0,236	-0,130	0,361
60,8	42	-0,620	0,778	-0,060	0,398	-0,284	0,396
63,2	28	-0,647	0,836	-0,532	0,646	-0,285	0,408
67,1	14	-0,696	0,993	-0,474	0,817	-0,022	0,367
70,0	24	-0,486	0,732	0,432	0,167	-0,192	0,362

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		Zn solo (a.a.)		Zn solo (p.c.)		argila (a.a.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,132	0,308	0,054	0,561	0,321	7,32
14,1	72	-0,059	0,363	-0,046	0,690	0,042	10,54
20,0	70	0,068	0,360	0,096	0,516	0,335	7,01
22,4	114	-0,144	0,421	-0,057	0,672	0,015	10,81
28,3	44	-0,317	0,512	-0,229	0,709	-0,149	12,15
30,0	53	0,084	0,336	0,023	0,493	0,080	8,91
31,6	84	-0,005	0,359	0,045	0,555	-0,132	11,55
36,1	62	-0,280	0,500	-0,199	0,578	-0,163	11,06
40,0	36	0,091	0,293	0,305	0,273	0,145	8,71
41,2	54	0,120	0,252	-0,074	0,544	-0,023	11,10
42,4	20	0,093	0,397	0,210	0,129	-0,334	11,26
44,7	36	-0,327	0,443	-0,186	0,530	-0,199	12,35
50,0	50	0,249	0,285	0,165	0,294	-0,135	10,98
51,0	48	-0,018	0,328	0,020	0,544	-0,182	12,97
53,9	32	0,001	0,353	-0,121	0,536	-0,192	12,21
58,3	16	-0,061	0,471	-0,051	0,255	-0,279	10,53
60,0	28	0,243	0,299	0,173	0,429	-0,015	10,63
60,8	42	0,012	0,342	-0,079	0,650	0,063	10,55
63,2	28	-0,274	0,483	-0,160	0,601	-0,280	13,40
67,1	14	0,113	0,463	0,061	0,217	-0,324	11,49
70,0	24	0,233	0,252	0,381	0,342	-0,054	11,52

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		argila (p.c.)		areia (a.a.)		areia (p.c.)	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,502	4,43	0,363	1,52	0,450	1,54
14,1	72	0,233	7,05	0,208	1,89	0,209	2,28
20,0	70	0,190	7,31	0,162	2,04	0,195	2,16
22,4	114	-0,155	10,57	0,086	2,22	-0,001	2,81
28,3	44	-0,439	12,90	-0,008	2,44	-0,232	3,32
30,0	53	0,149	7,61	0,083	2,20	0,271	1,80
31,6	84	-0,084	9,94	0,151	1,98	0,029	2,57
36,1	62	-0,315	11,45	0,051	2,22	-0,064	2,62
40,0	36	0,151	7,59	-0,134	2,72	0,081	2,31
41,2	54	-0,227	11,32	0,050	2,22	-0,176	3,16
42,4	20	0,145	6,36	0,030	2,39	0,065	1,92
44,7	36	-0,361	11,89	-0,075	2,58	-0,213	3,08
50,0	50	0,118	7,37	-0,108	2,70	0,007	2,35
51,0	48	-0,197	11,27	-0,176	2,73	-0,182	3,18
53,9	32	-0,445	12,72	-0,046	2,47	-0,381	3,56
58,3	16	0,121	6,19	0,006	2,55	-0,125	2,45
60,0	28	0,109	7,84	-0,171	2,82	-0,053	2,74
60,8	42	-0,201	10,84	-0,246	2,97	-0,217	3,27
63,2	28	-0,557	13,39	-0,414	3,41	-0,522	3,96
67,1	14	0,009	7,48	-0,313	3,27	-0,171	2,74
70,0	24	0,173	6,72	-0,108	2,84	0,129	2,39

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		silte (a.a.)		silte (p.c.)		% N planta	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,212	6,19	0,457	2,48	0,437	0,9.10 ⁻²
14,1	72	-0,182	9,56	0,266	3,55	0,304	1,0.10 ⁻²
20,0	70	0,292	5,31	0,064	4,24	0,280	1,3.10 ⁻²
22,4	114	-0,021	8,11	-0,176	5,49	0,197	1,3.10 ⁻²
28,3	44	-0,019	7,65	-0,240	5,69	0,145	1,5.10 ⁻²
30,0	53	-0,005	6,95	-0,237	5,32	0,385	1,2.10 ⁻²
31,6	84	-0,250	9,21	-0,266	5,59	0,047	1,7.10 ⁻²
36,1	62	-0,146	7,60	-0,233	5,28	-0,059	2,0.10 ⁻²
40,0	36	0,137	6,06	-0,020	4,57	0,176	1,5.10 ⁻²
41,2	54	-0,149	8,95	-0,169	5,40	0,017	1,7.10 ⁻²
42,4	20	-0,296	7,07	0,209	2,99	0,145	2,0.10 ⁻²
44,7	36	-0,074	7,67	-0,044	4,67	-0,169	2,2.10 ⁻²
50,0	50	-0,025	6,62	0,223	3,28	-0,058	2,2.10 ⁻²
51,0	48	-0,231	9,74	0,082	4,40	-0,115	1,9.10 ⁻²
53,9	32	-0,045	9,56	-0,114	4,90	-0,197	2,3.10 ⁻²
58,3	16	-0,229	6,69	0,197	2,61	-0,443	3,3.10 ⁻²
60,0	28	0,225	5,84	0,321	3,05	0,176	1,7.10 ⁻²
60,8	42	0,016	8,16	0,080	4,31	-0,104	2,0.10 ⁻²
63,2	28	0,043	7,22	-0,310	5,69	-0,220	2,5.10 ⁻²
67,1	14	-0,265	7,25	-0,076	3,90	-0,386	3,4.10 ⁻²
70,0	24	0,019	7,81	0,155	3,46	-0,086	2,3.10 ⁻²

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		% P planta		% K planta		ppm Zn planta	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	-0,083	9,2.10 ⁻⁴	0,509	2,9.10 ⁻²	0,562	36,92
14,1	72	-0,450	12,1.10 ⁻⁴	0,406	3,3.10 ⁻²	0,370	51,37
20,0	70	0,304	5,0.10 ⁻⁴	0,466	3,5.10 ⁻²	0,475	44,08
22,4	114	0,013	7,6.10 ⁻⁴	0,295	4,3.10 ⁻²	0,254	62,15
28,3	44	0,092	6,3.10 ⁻⁴	0,137	5,7.10 ⁻²	0,111	75,09
30,0	53	-0,013	6,8.10 ⁻⁴	0,321	5,1.10 ⁻²	0,369	56,98
31,6	84	-0,177	8,7.10 ⁻⁴	0,107	6,2.10 ⁻²	0,193	71,60
36,1	62	0,062	5,7.10 ⁻⁴	0,114	6,5.10 ⁻²	0,037	85,81
40,0	36	0,036	6,6.10 ⁻⁴	-0,093	7,1.10 ⁻²	0,146	69,96
41,2	54	0,022	7,4.10 ⁻⁴	-0,244	7,8.10 ⁻²	-0,155	92,40
42,4	20	-0,248	7,4.10 ⁻⁴	-0,046	7,9.10 ⁻²	-0,034	99,97
44,7	36	-0,001	7,0.10 ⁻⁴	-0,279	8,3.10 ⁻²	-0,303	108,40
50,0	50	-0,029	6,8.10 ⁻⁴	-0,296	8,8.10 ⁻²	-0,131	100,96
51,0	48	0,084	7,3.10 ⁻⁴	-0,372	8,6.10 ⁻²	-0,415	119,66
53,9	32	-0,018	7,5.10 ⁻⁴	-0,460	9,4.10 ⁻²	-0,467	127,82
58,3	16	0,153	4,0.10 ⁻⁴	-0,423	10,0.10 ⁻²	-0,321	126,88
60,0	28	-0,161	9,6.10 ⁻⁴	-0,534	10,2.10 ⁻²	-0,227	105,72
60,8	42	0,217	7,1.10 ⁻⁴	-0,488	9,4.10 ⁻²	-0,376	114,21
63,2	28	-0,200	9,9.10 ⁻⁴	-0,694	11,2.10 ⁻²	-0,544	132,61
67,1	14	0,154	4,4.10 ⁻⁴	-0,450	11,1.10 ⁻²	-0,394	132,35
70,0	24	-0,371	12,4.10 ⁻⁴	-0,411	8,9.10 ⁻²	-0,368	117,02

distância (m)	pares (nº)	parâmetro					
		P / Zn		extração N		extração P	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,530	49,64	0,249	1,92	0,253	4,6.10 ⁻²
14,1	72	0,308	75,60	-0,190	3,05	0,018	5,8.10 ⁻²
20,0	70	0,433	56,51	0,306	1,70	0,103	5,8.10 ⁻²
22,4	114	0,199	83,01	-0,070	2,66	-0,160	6,1.10 ⁻²
28,3	44	0,085	91,46	-0,168	2,86	-0,221	7,8.10 ⁻²
30,0	53	0,334	59,80	0,387	1,40	0,263	5,1.10 ⁻²
31,6	84	0,100	86,21	-0,104	2,63	-0,034	6,6.10 ⁻²
36,1	62	-0,054	98,05	-0,127	2,72	-0,069	7,6.10 ⁻²
40,0	36	0,127	80,19	0,452	1,24	0,178	5,5.10 ⁻²
41,2	54	-0,093	106,68	-0,255	2,91	-0,454	8,7.10 ⁻²
42,4	20	0,091	74,43	0,303	1,80	0,096	8,1.10 ⁻²
44,7	36	-0,426	134,06	-0,134	2,70	-0,438	9,4.10 ⁻²
50,0	50	-0,033	94,95	0,251	1,83	0,050	7,3.10 ⁻²
51,0	48	-0,170	121,22	-0,354	3,16	-0,345	8,1.10 ⁻²
53,9	32	-0,597	157,38	-0,186	2,81	-0,507	10,0.10 ⁻²
58,3	16	-0,095	93,41	0,068	2,40	0,307	7,4.10 ⁻²
60,0	28	-0,236	122,46	0,436	1,50	0,148	5,9.10 ⁻²
60,8	42	-0,318	136,20	-0,306	3,27	-0,242	7,6.10 ⁻²
63,2	28	-0,685	165,79	-0,250	3,19	-0,295	8,7.10 ⁻²
67,1	14	-0,053	88,32	0,022	2,73	0,219	7,8.10 ⁻²
70,0	24	-0,289	124,17	0,283	1,74	0,068	5,6.10 ⁻²

distância (m)	pares (nº)	parâmetro			
		extração K		extração Zn	
		autocor.	semivar.	autocor.	semivar.
10,0	87	0,262	6,28	0,370	57,20
14,1	72	-0,078	9,16	-0,019	92,79
20,0	70	0,206	6,73	0,242	66,60
22,4	114	-0,004	8,50	-0,046	92,49
28,3	44	-0,306	11,08	-0,291	113,56
30,0	53	0,318	5,70	0,400	51,39
31,6	84	0,000	8,35	0,090	78,06
36,1	62	-0,149	9,84	-0,170	104,03
40,0	36	0,431	4,39	0,341	55,32
41,2	54	-0,277	9,99	-0,211	100,66
42,4	20	0,212	7,34	0,329	66,91
44,7	36	-0,243	9,96	-0,558	133,68
50,0	50	0,121	7,18	0,202	71,51
51,0	48	-0,307	10,24	-0,244	106,10
53,9	32	-0,378	10,97	-0,632	141,58
58,3	16	-0,025	8,60	0,447	55,20
60,0	28	0,127	7,33	0,107	77,71
60,8	42	-0,335	10,93	-0,257	108,91
63,2	28	-0,342	11,17	-0,527	132,46
67,1	14	0,103	8,23	0,247	67,99
70,0	24	0,231	6,40	0,074	82,59