

## **Variabilidade Espacial do Teor de Umidade e da Variação de Armazenamento de Água em Latossolo Bruno Distrófico**

Mara Adriane Scheren<sup>1</sup>, Jacson Luis Klassmann<sup>2</sup>, Marcio Antonio Vilas Boas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bióloga pela UNIOESTE Campus Cascavel/PR, Especialista em Gestão Ambiental pela UNIJUÍ-RS e Mestre em Agronomia – UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon. Rua Pernambuco, 1777, Marechal Cândido Rondon, Paraná /PR.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrícola pela UNIOESTE, Campus Cascavel/PR; Especialista em Engenharia da Segurança do Trabalho pela UNIOESTE, Campus Cascavel/PR.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Drº em Irrigação, Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Campus Cascavel/PR. Rua Universitária 2069 – Jardim Universitário, Cascavel/PR.

marascheren@yahoo.com, jack\_eng\_agri@hotmail.com, mvilasboas@unioeste.br

**Resumo:** Este trabalho objetivou estudar a variabilidade espacial da umidade volumétrica e do armazenamento da água no solo utilizando um aparelho de reflectometria de ondas no domínio do tempo - TDR. A umidade volumétrica foi medida em três dias diferentes (08, 16 e 22/07/1999) na profundidade de 15 cm através do (TDR). De posse desses valores foi determinado o armazenamento da água no solo em dois intervalos de tempo para a profundidade de 15 cm. Os teores de umidade para os dias 08 e 16 tiveram ajuste de modelo esférico com valores de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) acima de 70%. Para o dia 22 o melhor modelo de ajuste foi o exponencial com coeficiente de correlação  $R^2 = 0,037$ . A variação de armazenamento da água no solo apresentou ajuste de modelos esféricos e exponencial com valores de  $R^2$  acima de 90%. A TDR apresentou vantagens na obtenção dos dados de umidade em relação ao método padrão da estufa.

**Palavras-chave:** TDR, irrigação, umidade volumétrica e armazenamento da água.

### **Spacial Variability of Amount of Humidity and of the Variation of Water Storing in a Brune Distrofic Latosol**

**Abstract:** This work has the objective to study the spacial variability of volumetric humidity and of the stockpile of the water of soil using one apparatus of reflectometry of waves, is the time in the domain - TDR. The volumetric humidity was measured in three different days (07-08, 16 and 22, 1999) in the depth of 15 cm by (TDR). With this values in hand, was determined the stockpile of water of the soil in two intervals of time for the depth of 15 cm. The amounts of humidity for the days 08 and 16 had adjustment of spherical model with

values of correlation coefficient ( $R^2$ ) above 70%. For the day 22 the greater model of adjustment was the exponential with correlation coefficient  $R^2=0,037$ . The variation of water stockpile in the soil presented adjustment of spherical and exponential models with values of  $R^2$  above 90%. The TDR represented advantages in the obtaining of data of humidity in relation to standard method of stove.

**Keywords:** TDR, irrigation, volumetric humidity and water stockpile.

### Introdução

A maioria das culturas, dentre elas o trigo, possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final; os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. (Bernardo, 1989).

A obtenção de uma alta produção também requer adoção de práticas de manejo que visem melhorar a irrigação e esta adoção só é possível com o conhecimento das necessidades hídricas das culturas. Segundo Gomes (1997), para cada intervalo de tempo do ciclo da cultura, a necessidade de irrigação dependerá da demanda hídrica e das possíveis dotações ou suprimentos naturais de água ao solo.

O manejo de qualquer projeto de irrigação deve considerar os aspectos sociais e ecológicos da região e procurar maximizar a produtividade e a eficiência do uso da água minimizar os custos, quer de mão-de-obra de capital, mantendo as condições de umidade do solo e de fitossanidade favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura irrigada, bem como ter em mente a necessidade de melhorar ou, no mínimo, manter as condições físicas, químicas e biológicas do solo, pois isto afetará em muito o comprimento do período de vida útil do projeto (Vilas Boas, 1995).

É de capital importância que o projeto de irrigação não seja considerado apenas a captação e a condução d'água, ou somente a aplicação d'água dentro da parcela. Mas, sim, uma operação integrada, incluindo também, a equidade na distribuição da água, as práticas culturais, a retirada do excesso d'água da área irrigada e a relação solo- água- planta e clima (Reichardt, 1985) e (Reichardt et al.,1986).

Existem diversos aparelhos para determinação do momento de irrigar. Um método que vem se destacando com algumas vantagens é o do reflectômetro no domínio do tempo – TDR, desta maneira, este trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial da umidade volumétrica e do armazenamento da água no solo utilizando um aparelho de reflectometria de ondas.

## **Material e Métodos**

### ***Local de realização do experimento***

O experimento foi realizado em uma área piloto de LATOSSOLO BRUNO distrófico pertencente ao Centro de pesquisa Eloy Gomes da Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda – COODETEC, em Cascavel – PR.

### ***Amostragem da área***

A área foi considerada plana, com declividades determinadas apresentando valores menores que 0,19% (Silva,1988).

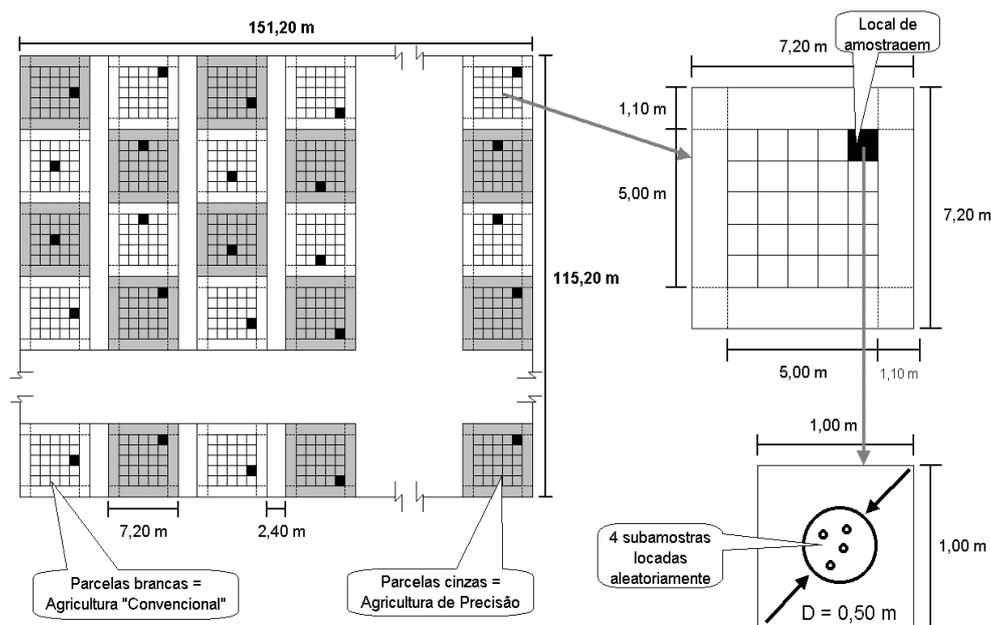
A área projeto piloto de pesquisas do Núcleo de Inovações Tecnológicas foram demarcadas em 256 parcelas, com área útil total de 1,33 há. O locais de amostragem foram geo-referenciados com GPS Figura 1. A localização do ponto de amostragem, em cada parcela, foi aleatoriamente seguido o procedimento denominado de amostragem desalinhada sistemática estratificada (Tragmar; Yost e Uehara,1985).

### ***Parâmetros Avaliados***

O atributo do solo avaliado na área experimental foi: a umidade volumétrica medida em três dias diferentes na profundidade de 15 cm através de reflectômetro no domínio do tempo (TDR) de fabricação americana pertencente ao laboratório de hidráulica e irrigação do curso de Engenharia Agrícola – UNIOESTE –PR. De posse dos valores de umidade foram determinados o armazenamento da água no solo em dois intervalos de tempo para a profundidade de 15 cm.

### ***Análise Estatística***

Com os dados determinados de umidade e armazenamento de água no solo procedeu-se as análises de estatísticas descritivas e análises de geoestatística através dos programas computacionais (GEO-EAS e GS+ Clark 1979) e (Crespo 1991).



**Figura 1.** Área experimental dividida em parcelas

## Resultados e Discussão

### Análise descritiva

As tabelas 1 e 2 mostram os momentos estatísticos do teor de umidade e do armazenamento da água no solo em três datas de leituras na profundidade estudada (de 15 cm). Sendo analisados os momentos estatísticos como: média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo, simetria, curtose.

**Tabela 1.** Valores de parâmetros estatísticos para os teores de umidade para três períodos de leitura com uso de TDR

Momentos Estatísticos	Teor de Umidade 1	Teor de Umidade 2	Teor de Umidade 3
	(08-06-1999)	(16-06-1999)	(22-06-1999)
Umidade Média(mm/mm)	0,4704	0,1776	0,2411
Desvio padrão	0,00332	0,0451	0,0261
Variância	0,0011	0,0020	0,0007
Valor Mínimo(mm/mm)	0,380	0,080	0,150
Valor Máximo (mm/mm)	0,560	0,300	0,310
N.º de amostras	256	256	256
Simetria	-0,29	0,48	-0,61
Curtose	0,26	-0,45	0,61

Analisando os dados da tabela 1 podemos verificar que as médias da primeira leitura do teor de umidade apresenta valor médio maior que a segunda leitura, assim, verifica-se uma perda água neste período, enquanto que na segunda leitura dos dados o valor médio do teor de umidade é menor do que na terceira verificando-se um acréscimo de água neste período.

Na tabela 2 temos os dados de variação do armazenamento de água para as leituras dos dados do dia 08 - 16 - 22 de julho de 1999 onde o armazenamento é feito do dia 08 para o dia 16 sendo esta o armazenamento 1-2 e do dia 16 para o dia 22 sendo o armazenamento 2-3.

Pode-se verificar a ocorrência de maiores perdas de água para o período 1-2 em relação ao período 2-3.

Na tabela 2 estão os valores de parâmetros estatísticos para a variação de armazenamento de água no solo para o período de 08/07/1999 para 16/07/1999 e 16/07/1999 para 22/07/1999.

**Tabela 2.** Valores de parâmetros estatísticos para a variação de armazenamento de água no solo para o período de 08/07/1999 para 16/07/1999 e 16/07/1999 para 22/07/1999.

<b>Momentos Estatísticos</b>	<b>Armazenamento de água no solo 1-2</b>	<b>Armazenamento de água no solos 2-3</b>
Umidade média (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	43,8814	9,9627
Desvio padrão	9,0586	8,0311
Variância	82,0575	64,4981
Umidade mínimo(cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	16,350	-12,900
Umidade máximo (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	67,200	28,350
N de amostras	256	256
Simetria	-0,30	-0,13
Curtose	-0,10	-0,40

### *Análise geoestatística dos parâmetros estudados*

Os resultados oriundos da Estatística casualizada são muito importantes para a análise do universo amostral, porém ela peca em desconsiderar a posição em que foi retirada a amostra que é um dado muito importante no momento de analisar a variabilidade de armazenamento de água deste solo. A geoestatística considera que os dados mais próximos devem ter maior semelhança que aqueles mais distantes procurando descobrir até que distância a variação dos dados esta relacionada com os pontos amostrados.

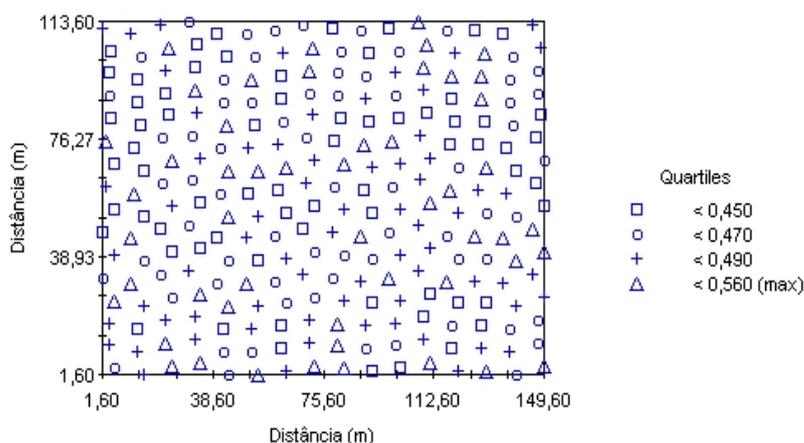
Gráficos post-plot para os teores de umidade e variação de armazenamento de água no solo

Na figura 2 temos uma variação em que o máximo teor de umidade 1 é de 0,300 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) e mínimo de 0,140 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ), onde que os dados mostram uma uniformidade quanto ao teor de umidade, traduzindo uma dependência espacial dos dados amostrados.

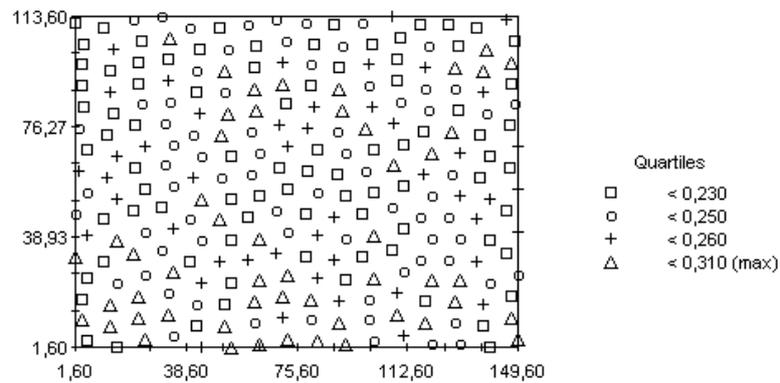
Na figura 3 temos um gráfico do teor de umidade onde o máximo teor de umidade é de 0,300 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) e mínima de 0,140 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ), o que nos indica que em relação a figura 4 que houve uma perda de água.

Na figura 4 temos o gráfico de teor de umidade da leitura 3 onde o máximo teor de umidade é de 0,310 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) e mínimo de 0,230 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ), onde se verifica um aumento no teor de umidade pois houve uma precipitação neste período .

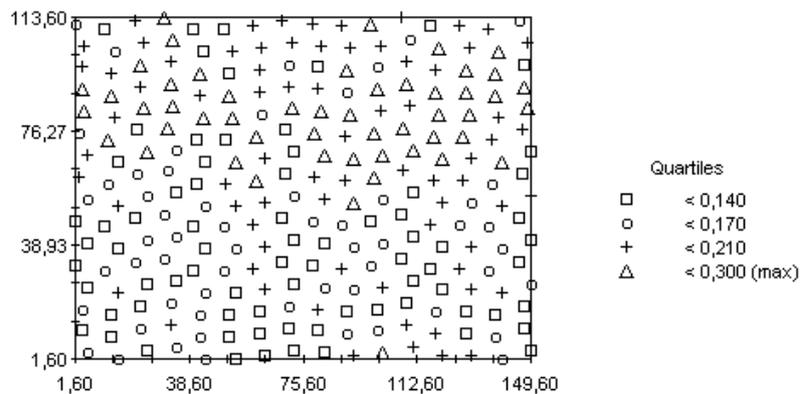
Nas figuras 5 e 6 temos respectivamente os gráficos da variação de armazenamento de água no solo entre os dias 08/07/1999 e 16/07/1999 e dos dias 16/07/1999 e 22/07/1999.



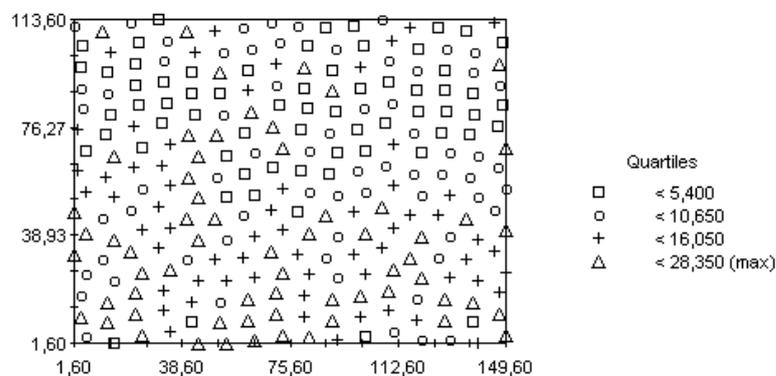
**Figura 2.** Gráfico post-plot para o teor de umidade 1 do dia 08/06/00



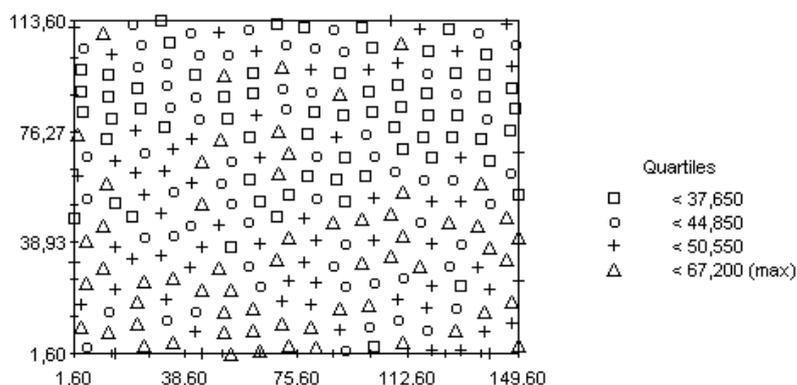
**Figura 3.** Gráfico post-plot para o teor de umidade 2 do dia 16/07/1999



**Figura 4.** Gráfico post-plot para teor de umidade 3 do dia 22/07/1999.



**Figura 5.** Gráfico de post-plot para a variação de armazenamento de água no solo 1-2.

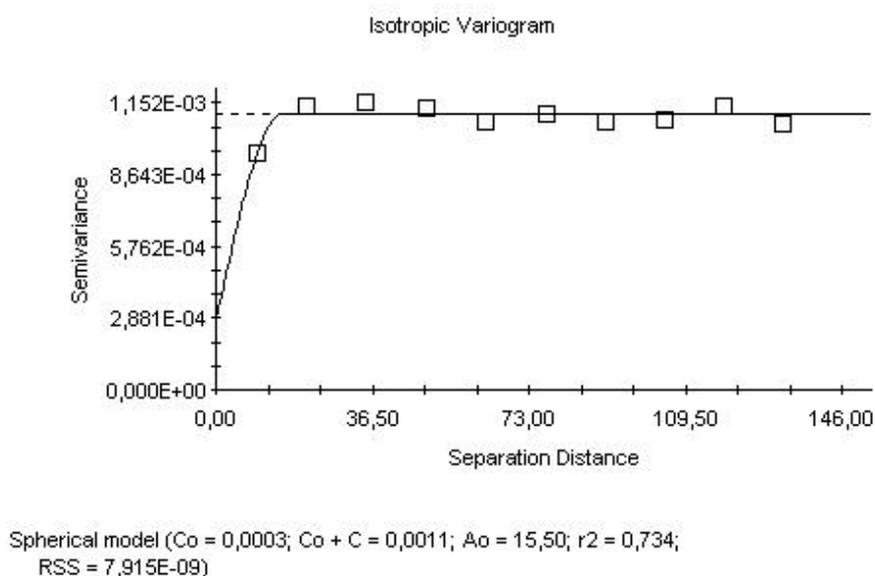


**Figura 6.** Gráfico de post-plot para a variação de armazenamento de água no solo 2-3

### *Determinação da Semivariância e Ajuste de Modelos Experimentais*

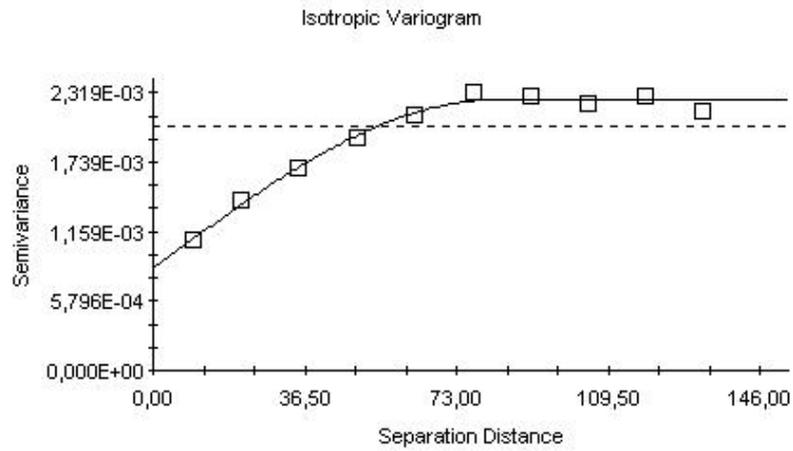
Para as umidades volumétricas dos dias 08 e 16 e variação de armazenamento do dia 16 para o dia 22 ajustou-se o semivariograma de modelo esférico, onde, se verifica o efeito

pepita ( $C_0$ ) tendendo para zero e um coeficiente de correlação de  $R^2 = 0,734$ ;  $R^2 = 0,988$ ;  $R^2 = 0,982$ ; o que nos indica uma estrutura de correlação espacial que aumenta com a distância até um certo ponto (alcance) a partir da qual semivariância se torna constante, limitando a área de influência de cada amostra. Conforme figuras 7, 8 e 9.



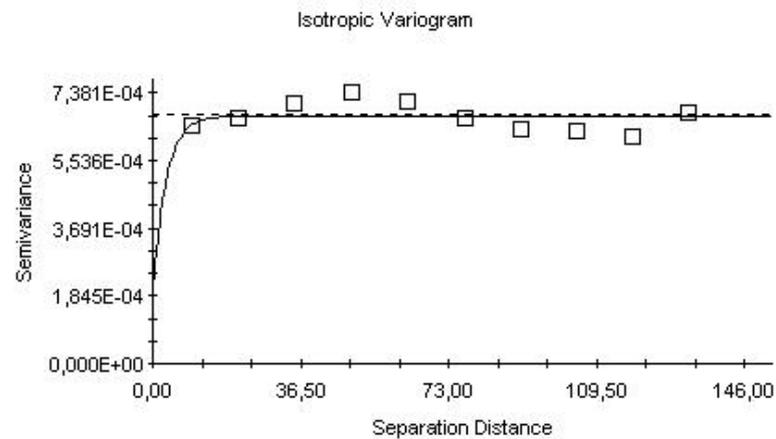
**Figura 7.** Teor de umidade volumétrico usando TDR, no dia 08/06/1999.

Para o teor de umidade do dia 22 e armazenamento do dia 08 para 16, verificamos um ajuste para o modelo exponencial, no entanto para a umidade do dia 22 o coeficiente de determinação se apresentou muito baixo,  $r^2 = 0,037$ ; par a variação de armazenamento o valor de  $r^2 = 0,986$ . Este modelo atinge o patamar assintoticamente, com o alcance prático definido com a distância na qual o valor do modelo é 95% do patamar. Sendo  $0 < L < d$  onde  $d$  é a máxima distância na qual o semivariograma é definido. Os semivariogramas podem ser vistos nas figuras 10 e 11 respectivamente.



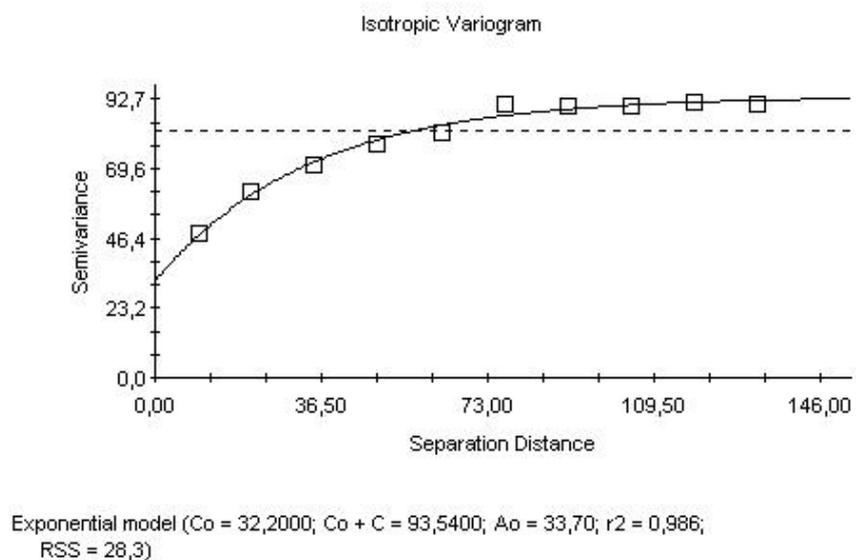
Spherical model ( $C_0 = 0,0008$ ;  $C_0 + C = 0,0023$ ;  $A_0 = 82,00$ ;  $r^2 = 0,988$ ;  
 RSS =  $1,935E-08$ )

**Figura 8.** Teor de umidade volumétrico usando TDR, no dia 16/06/1999.

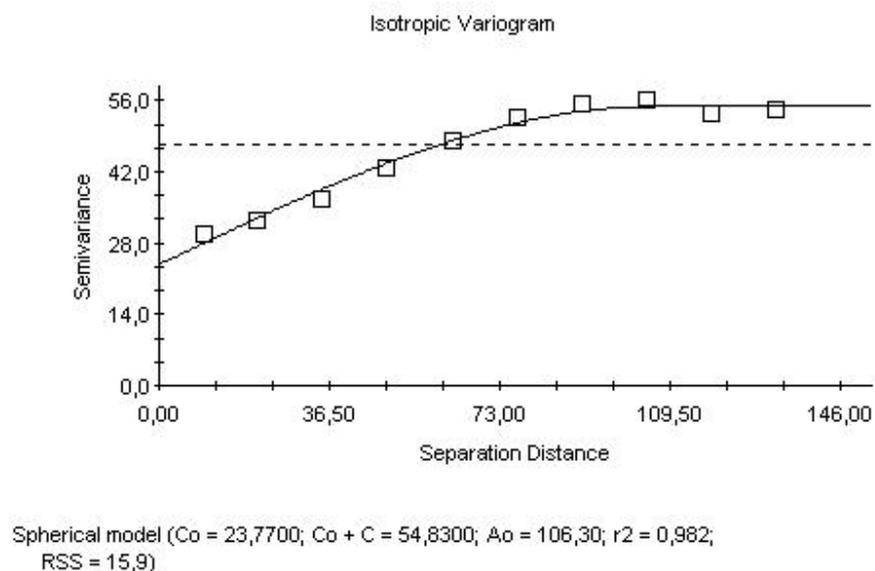


Exponential model ( $C_0 = 0,0002$ ;  $C_0 + C = 0,0007$ ;  $A_0 = 3,20$ ;  $r^2 = 0,037$ ;  
 RSS =  $1,309E-08$ )

**Figura 9.** Teor de umidade volumétrico usando TDR, no dia 22/06/1999



**Figura 10.** Semivariograma para a variação de armazenamento de água no solo entre os dias 08/06/1999 e 16/06/1999

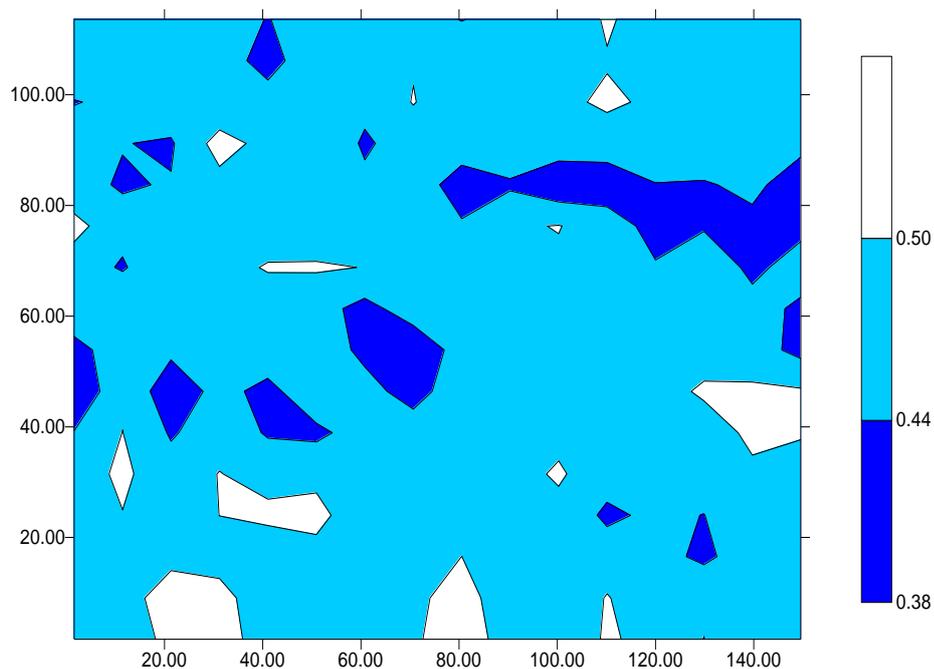


**Figura 11.** Semivariograma para a variação de armazenamento de água no solo entre os dias 16/06/1999 e 22/06/1999

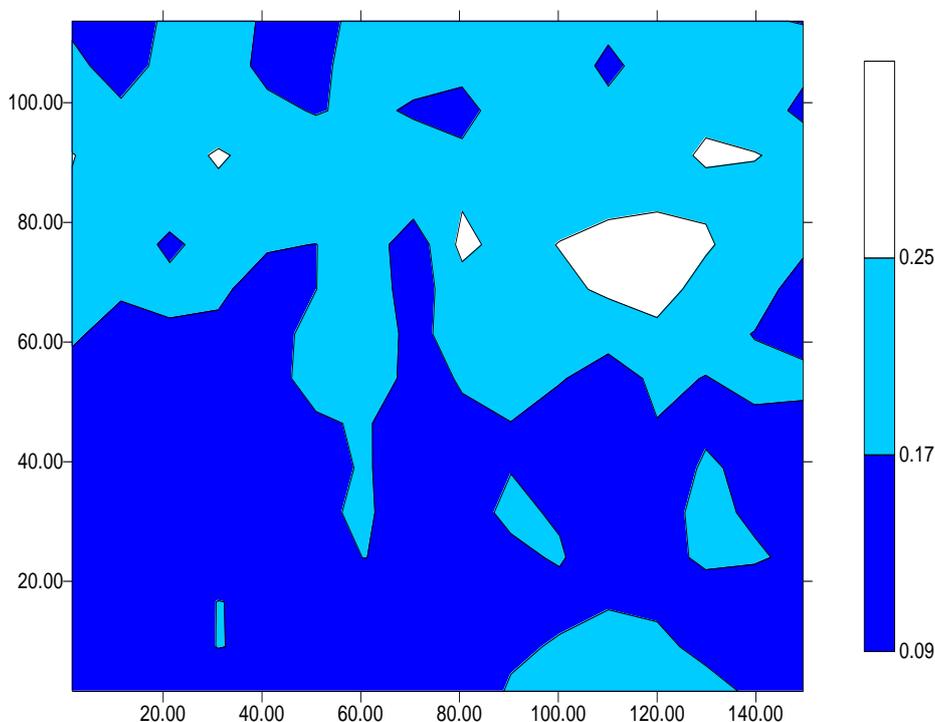
### *Mapas de Krigagem*

O mapa mostrado na figura 12 nos dá uma visão de como esta a distribuição de água na área. Podemos notar que mais de 90% desta área apresenta um teor de umidade elevado sendo que a maior porcentagem de umidade está entre 0,44 e 0,50 mm com poucos pontos com umidade acima ou abaixo destes teores de umidade.

Devido à precipitações que houve dias antes desta leitura o que ocasionou um alto teor de umidade.



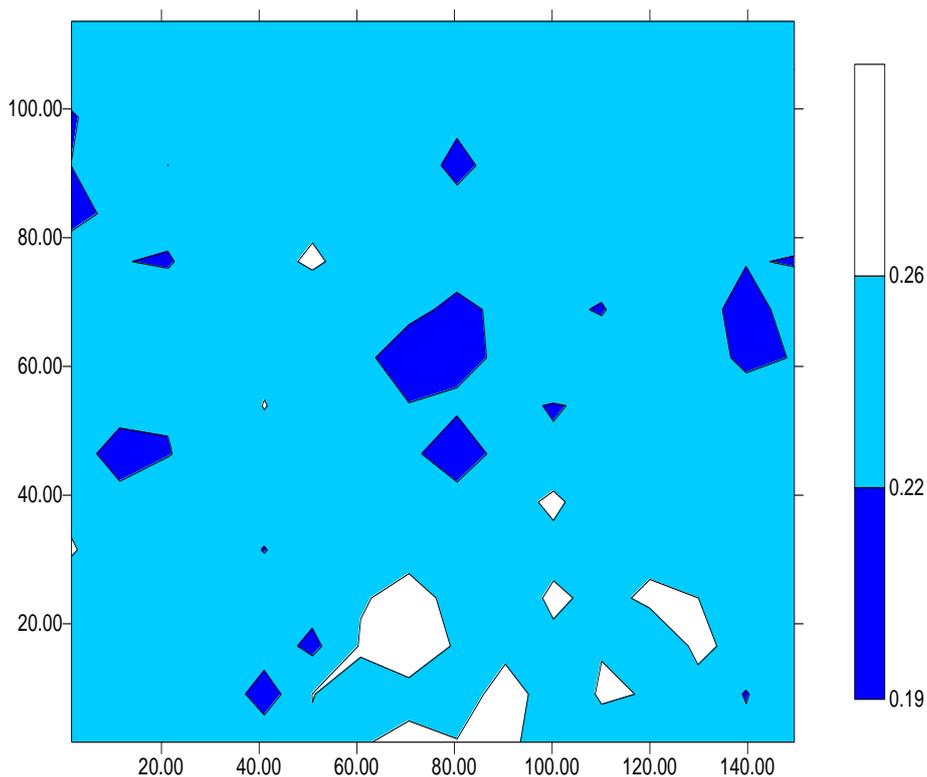
**Figura 12.** Mapa de alinhamento do teor de umidade do dia 08/07/1999



**Figura13.** Mapa de alinhamento do teor de umidade do dia 16/07/1999

Na figura 13 temos o mapa da 2ª leitura do teor de umidade que foi realizado no dia 16/07/1999. Onde verificamos que o teor de umidade diminuiu em relação à 1ª leitura figura 12. Temos neste mapa os teores de umidade variando na sua maior parte de 0,09 mm e 0,17 mm, o que nos dá uma perda do teor de umidade em relação à primeira leitura figura 12.

Na figura 14 temos o mapa do teor de umidade do dia 22/07/1999 nos mostra que a área apresenta-se com um teor de umidade médio entre 0,22 e 0,26mm em aproximadamente 90% da área



**Figura 14.** Mapa de alinhamento do teor de umidade do dia 22/07/1999

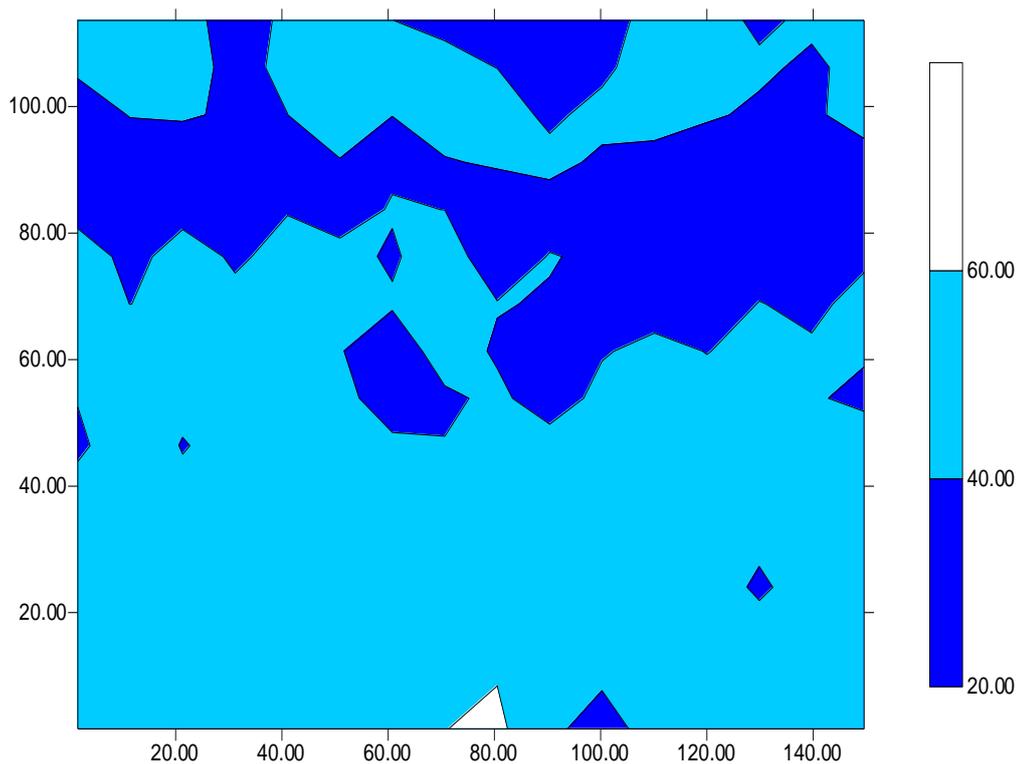
Comparando o mapa da segunda leitura figura 13 em relação ao mapa da terceira leitura figura 14 temos um acréscimo no teor de umidade.

Com os dados da 1ª leitura armazenamento de água no solo do dia 08/07/1999 e os dados da 2ª leitura de armazenamento de água no solo temos o mapa de krigagem da variação de armazenamento entre as duas leituras

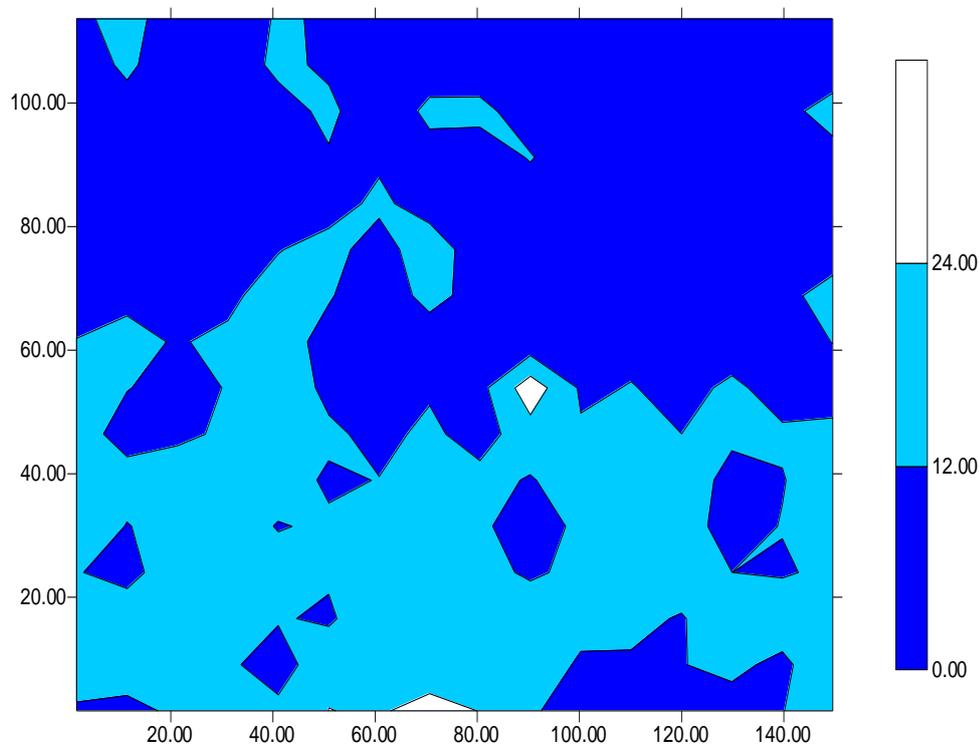
Verificamos que variação do teor de umidade deste mapa ficou com uma média de 40 a 60 mm em mais de 50% da área. Onde houve uma perda significativa de água neste período.(Figura 15) Mapa de alinhamento da variação de armazenamento de água no solo entre as datas 08/07/1999 e 16/07/1999.

Na figura 16 temos o mapa da variação de armazenamento de água no solo entre as datas 16/07/1999 e 22/07/1999. Onde verifica-se que mais de 50% da área apresenta uma variação de entre 0,00 e 12,0 mm de água neste solo .

Sendo que comparando os mapas dos dias 16/07/1999 e 22/07/1999 nota-se que houve um acréscimo de água neste período.



**Figura 15.** Mapa de alinhamento da variação de armazenamento de água no solo entre as datas 08/071999 e 16/07/1999



**Figura 16.** Mapa de alinhamento da variação de armazenamento de água no solo entre as datas 16/071999 e 22/07/1999

### Conclusões

Os teores de umidade para os dias 08 e 16 tiveram ajuste de modelo esférico com valores de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) acima de 70%.

Para o dia 22 o melhor modelo de ajuste foi o exponencial com coeficiente de correlação  $R^2 = 0,037$ .

A variação de armazenamento da água no solo apresentou ajuste de modelos esféricos e exponencial com valores de  $R^2$  acima de 90%.

A TDR apresentou vantagens na obtenção dos dados de umidade em relação ao método padrão da estufa.

O armazenamento de água no solo é menor quanto mais se aproxima da rua principal que cruza pela área experimental, devido a tráfego constante de carros e maquinários que causam compactação do solo.

### Referências

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5 ed. Viçosa, Imprensa Universitária, 1989. 537 - 539p.

CLARK, I. Practical geostatistics. England, **Applied Science Publishers**, 1979, 129p.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 8 ed. Saraiva. São Paulo, 1991. 224p.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento**. 2 ed. Campina Grande, UFP, 1997. 390 p.

REICHARDT, K. **Variabilidade espacial (e temporal) de solos**. In: **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Piracicaba. Fundação Cargill, 1985. p. 391-416.

REICHARDT, K.; VIEIRA, S. R. & LIBARDI, P. L. Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 10(1): 1-6, 1986.

SILVA, A. P. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo**. Piracicaba, ESALQ-USP, 1988. 99p. (Tese de doutorado).

TOPP, G.C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A . P. Electromagnetic determination in soil water content: measurements of coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, v. 16, n. 3, p.574-582, 1980.

TRAGMAR, B.B.; YOST, R. S. & UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, New York, 38:45-93, 1985.

VILAS BOAS, M.A.; MARQUES JUNIOR, S.; BELITANI, P. C. Avaliação da variabilidade espacial da velocidade de infiltração básica em um latossolo roxo. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, **Resumos**, Viçosa, 1995.p. 44-5.

---

**Recebido para publicação em:** 17/02/2013  
**Aceito para publicação em:** 27/05/2013