

VARIABILIDADE ESPACIAL NA PRODUÇÃO DA ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO

Gabriel Greco de Guimarães Cardoso¹ e Antônio Evaldo Klar²

¹Doutorado em Irrigação e Drenagem – Unesp-FCA, Av. Parque, 171, gabrielgg@unipam.edu.br

²Doutorado em Irrigação e Drenagem, USP-ESALQ, Faz. Experimental Lageado – Rua José Barbosa de Barros 1780, klar@fca.unesp.br

1 RESUMO

Este artigo mostra a dinâmica da água após ser aplicada sobre a superfície de um solo cultivado com alface, num sistema fechado de um ambiente protegido. A aplicação de água se deu por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, com o CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição) igual a 97,06 %, o que garantiu uma ótima uniformidade de distribuição, desconsiderando como possíveis causas das variações de umidade do solo, a aplicação de lâminas variadas. Fazendo uso de técnicas de geoestatística, interpolando sessenta pontos amostrais de evaporação, umidade do solo e produtividade da alface, com as mesmas sessenta coordenadas para os três atributos, verificou-se que a umidade do solo, mesmo momentos após a irrigação, não permanece uniforme ao longo do sistema de irrigação, constatando-se que a evaporação local exerce influência de forma predominante sobre a dinâmica da água na superfície do solo. Concluiu-se que as regiões no interior da estufa de maiores evaporações, foram as de maiores variações de umidade do solo e na produção de massa verde da alface.

Palavras-chave: dinâmica de água no solo; evapotranspiração; geoestatística.

CARDOSO, G. G. de G.; KLAR, A. E. SPATIAL VARIABILITY IN THE LETTUCE PRODUCTION UNDER PROTECTED ENVIRONMENT

2 ABSTRACT

This article shows the dynamics of water after being applied to the surface of a soil cultivated with lettuce under protected environment. The application of water was given through a drip irrigation system, with the CUD (Coefficient of Uniformity of Distribution) equal to 97.06%. Using geostatistical techniques, sixty sample points of evaporation, soil moisture and yield of lettuce were interpolated with the same coordinates for the sixty three attributes. It was found that soil moisture, even until moments after irrigation, didn't remain uniform along the irrigation system. Evaporation influenced the water dynamic on the soil surface. It was observed that the regions inside the greenhouse with higher evaporation showed the higher variations of soil moisture and lettuce fresh mass.

Keywords: soil water dynamic, evapotranspiration, geostatistics.

3 INTRODUÇÃO

Segundo Klar, et al (2006), apesar de inúmeras vantagens como proteção da cultura à chuva, insetos, menor velocidade do vento e radiação solar difusa mais elevada, o ambiente protegido apresentou elevadas temperaturas do ar. Ainda, de acordo com os autores, a evaporação e a distribuição da energia no interior de túneis plásticos são difíceis de serem estudadas por não haver uma metodologia prática e de baixo custo já estabelecida. Entretanto, o uso de evaporímetros, uniformemente distribuídos no interior do ambiente protegido, ou mesmo a campo, se mostrou uma metodologia simples e bastante útil no estudo da distribuição de energia, uma vez que a evaporação pode ser convertida em energia.

As plantas cultivadas em estufa plástica estão sujeitas a uma variabilidade espacial da evapotranspiração mais intensificada que num ambiente aberto em função do confinamento da temperatura do ar dentro da estufa, já que há uma redução na incidência de ventos, reduzindo a troca de calor. Desta forma, observam-se regiões onde a evaporação tende a manter valores maiores que em outras regiões dentro da estufa. Estes aspectos, entre outros, são inerentes à estrutura da estufa plástica e à orientação da estufa contribuem para a variabilidade da produção (Souza, 2003).

Como o sistema solo-planta-atmosfera é contínuo e dinâmico, o “status” de energia da água da planta encontra-se em constante desequilíbrio com o solo e a atmosfera. Logo, a ocorrência de transporte de água do solo para a atmosfera, passando pela planta, ou seja, a transpiração implica em um gradiente de potencial ao longo de todo o sistema. Adicionando a transpiração ao processo de água evaporada, tem-se a evapotranspiração.

Os processos de transpiração e fotossíntese respondem diretamente à temperatura da folha e são indiretamente afetados pela reação estomática. A transpiração, em geral, aumenta com a elevação da temperatura, a menos que o estresse hídrico cause o fechamento estomático e reverta esta tendência (Souza, 2003).

A geoestatística, por permitir a correlação de uma variável com a posição geográfica em que foi medida, permite um exame geral das causas externas que afetam uma variável, permitindo aferir que devido ao posicionamento do experimento, tal variável tenha sido mais ou menos afetada pela variação, contribuindo com uma análise mais real de como determinadas variáveis, como a produção de massa verde, sofrem grandes variações pela evaporação que ocorre em um ambiente protegido de pequena dimensão.

O termo “geoestatística” acha-se consagrado como um tópico especial da estatística aplicada que trata de problemas referentes às variáveis regionalizadas, aquelas que tem um comportamento espacial mostrando características intermediárias entre as variáveis verdadeiramente casuais e as totalmente determinísticas (Landim, 1998).

Landim, 1998 afirma que em um estudo geoestatístico, a parte mais importante refere-se à determinação do variograma. De acordo com o mesmo autor, os variogramas expressam o comportamento espacial da variável regionalizada ou de seus resíduos e mostram o tamanho da zona de influência em torno de uma amostra, a anisotropia (quando os variogramas se mostram diferentes para diferentes direções do terreno) e também a continuidade da característica estudada no terreno, expressa pela forma do variograma.

Através da análise do variograma, se for verificada a dependência espacial, poderá estimar-se valores utilizando o procedimento de interpolação conhecido como krigagem, em qualquer

posição do campo em estudo, expressando-se os resultados em forma de mapas de isolinhas e mapas de superfícies.

Objetivou-se avaliar de forma integrada, por meio da geoestatística, a relação entre a evaporação e dinâmica da água na superfície do solo, na produção da alface.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação situada na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Botucatu - SP, no período compreendido entre 21 de agosto a 30 de setembro de 2008. A altitude média é 786 m, a latitude é 22°51'03" Sul e a longitude 48°25'37" Oeste. De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima Cfa, ou seja, clima temperado chuvoso, caracterizado pela existência de quatro ou seis meses consecutivos com temperatura média do ar superior a 10 °C. A temperatura média do ar no mês mais quente é de 22,8 °C e do mês mais frio de 16,7 °C. A média da temperatura do ar anual é de 20,6 °C e as médias das temperaturas do ar máxima e mínima são de 23,5 e 17, 4 °C respectivamente. O total de precipitação pluvial média é de 1518,8 mm, apresentando um total médio para o mês mais chuvoso de 229,5 mm e 37,5 para o mês menos chuvoso, (Martins, 1989). A evapotranspiração média anual é de 692 mm. As dimensões da casa de vegetação consta de 27,5 m de comprimento, 7,0 m de largura e altura no centro de 3m e laterais de 1,7 m. A estrutura tem a forma de arcos de tubos galvanizados. A cobertura é feita com filme de polietileno aditivado transparente, com 150 µm de espessura. As laterais são de tela "sombrite" com 30% de sombreamento, objetivando a interceptação de insetos e animais. A casa de vegetação é posicionada no sentido Norte/Sul, ficando perpendicular à trajetória do sol. Nos rodapés, em toda a extensão da estufa, foram instalados filmes plásticos dobrados com 0,2 m de profundidade e 0,5 m de altura, para evitar a entrada de água da chuva.

Os valores dos teores de água no solo, características físicas e químicas, foram obtidos por amostras deformadas numa profundidade de 0-15 cm, determinadas segundo metodologia de Leite Júnior (2000) e Antunes (2001) no Laboratório de Solos do Departamento de Solos, da FCA/UNESP e encontram-se dispostos na Tabela 1, 2 e 3.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo:

pH	M. O.	P resina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/ dm ³	-----mmol/dm ³ -----						
5,4	21	5	24	1,3	20	12	33	57	57
BORO		COBRE		FERRO		MANGANÊS		ZINCO	
-----mg/ dm ³ -----									
0,27		5,5		10		5,7		0,4	

Tabela 2. Resultado da análise granulométrica do solo:

Argila	Silte	Areia	Microporos	Macroporos	Densidade	Classe Textural
	g Kg ⁻¹		%		g cm ⁻³	
510	120	370	21	35	1,21	Argiloso

Tabela 3. Valores dos teores de água no solo (a) e potencial matricial (Ψ_m):

Ψ_m (kPa)	a (g ¹ g ⁻¹)
-10	0,2910
-30	0,2239
-50	0,2116
-100	0,2033
500	0,1859
-1500	0,1686

O solo da casa de vegetação, no momento da instalação da estufa, foi retirado de uma única área e feito o aterro dentro da estufa, o que contribuiu para a uniformidade dos aspectos físicos e químicos do solo. Apesar de outros experimentos já terem sido realizado neste solo, teve-se o cuidado de lavá-lo antes de instalar o experimento, retirando da camada superficial do solo, algum elemento químico que pudesse estar em maiores concentrações ao longo das linhas de plantio. A lavagem se deu por meio do sistema de irrigação, que ficou uma semana aplicando água na forma de bulbos, afastando os nutrientes das regiões em que foram feitos os plantios da alface.

Foi realizada uma calagem com 40 dias antes do plantio e posteriormente, no momento do plantio, adubado uniformemente conforme recomendações do boletim 100 do IAC (Rajj et al., 1997), para a cultura da alface. Foram instalados tensiômetros, um para cada linha lateral, numa profundidade de 12 cm, para monitorar o potencial de água no solo e manejar a irrigação. As irrigações eram realizadas para elevar o potencial de -20 para -10 kPa.

As umidades do solo para estes potenciais, foram determinadas pela curva de retenção de água no solo, ajustados pelo programa Soil Water Retention Curve (Dourado Neto et al. 1990), utilizando-se o modelo proposto por Van Genuchten (1980). Desta forma, o teor de umidade para o potencial de -20 kPa, foi de 0,3012 cm³ cm⁻³ e para o de -10 kPa de 0,3518 cm³ cm⁻³. O volume de água aplicado foi estabelecido pelo tempo de funcionamento do sistema de irrigação necessário para elevar a umidade do solo até o valor estabelecido.

O sistema de irrigação foi composto por mangueiras gotejadoras Manari, fabricada pela Petroisa Irrigações Ltda. Utilizou-se quatro linhas laterais para a irrigação. Os emissores foram espaçados em 0,6 m entre si e o espaçamento entre linhas foi de 1,62 m. Cada linha lateral contou com 15 gotejadores, totalizando 60 pontos de descarga. A vazão média dos gotejadores foi de 1,33Lh⁻¹, quando na pressão de 70 kPa. Para manter a pressão de serviço, utilizou-se um regulador de pressão de 70 kPa na saída da linha principal para as laterais. Foi realizado ensaio de uniformidade, segundo metodologia descrita em ABNT (1986) a fim de comprovar a uniformidade de distribuição.

Para a localização dos pontos amostrados, foram estabelecidas as coordenadas x e y dentro da estufa ao longo das linhas laterais, sendo x a coordenada que varia conforme o espaçamento entre gotejadores e y a coordenada que varia conforme o espaçamento entre linhas.

No interior da estufa, foi instalado um Tanque Classe A para monitorar a evapotranspiração de referência local. As medições foram registradas diariamente, sempre as 9:00 horas. A umidade relativa do ar foi registrada por um termo-higrômetro digital, instalado a 1 metro do solo.

Na Figura 1, pode-se observar a evaporação diária do Tanque Classe A. Na Figura 2, tem-se as médias da umidade relativa avaliada por termômetro de bulbo seco e úmido.

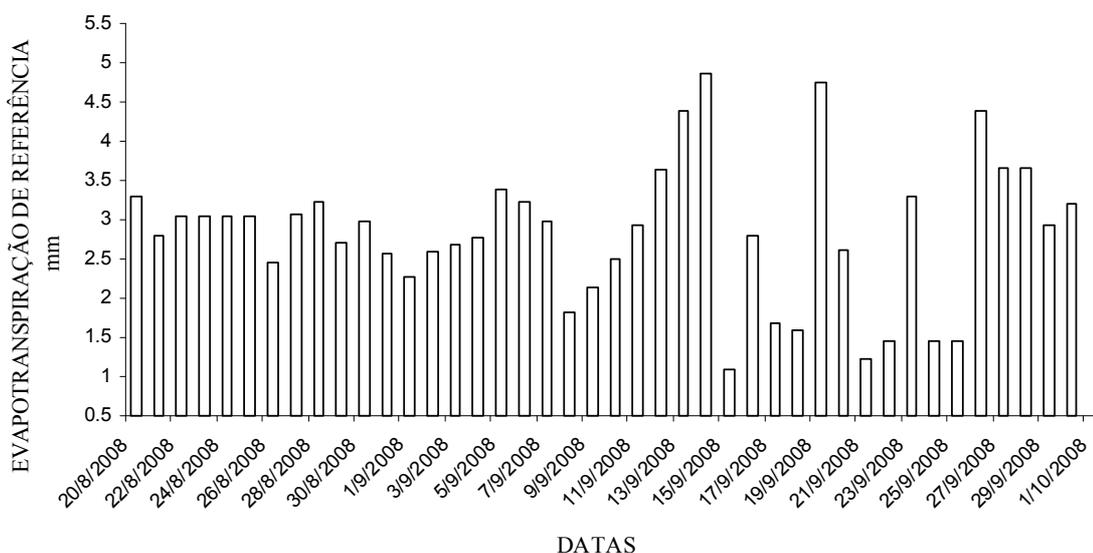


Figura 1. Evapotranspiração de referência registrada pelo Tanque Classe A.

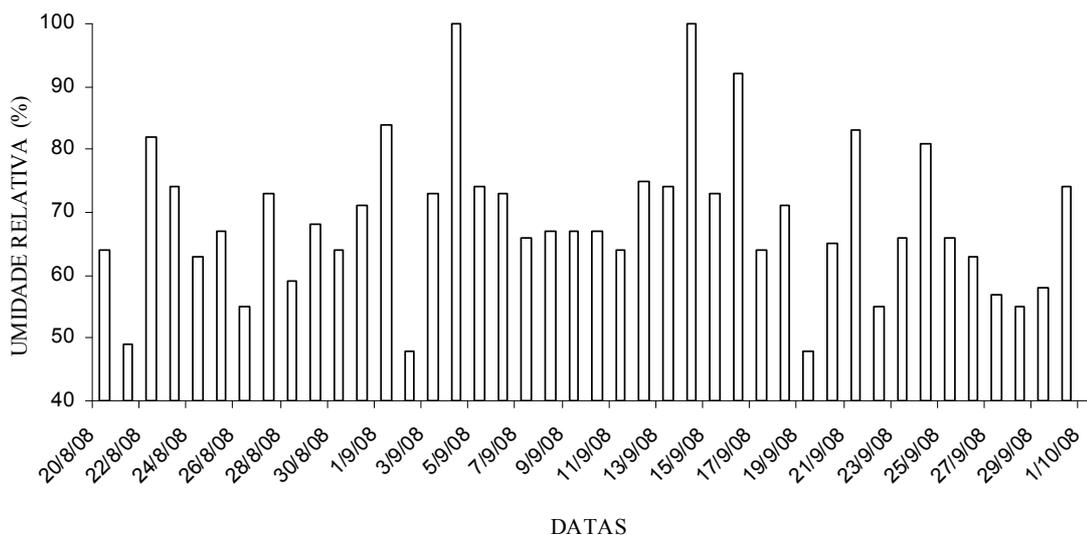


Figura 2. Umidade relativa média do período de 20/08 a 01/10/2008.

Para o monitoramento da evaporação pontual, foram instalados 60 evaporímetros a 0,3 m de altura em relação ao solo. Eles ficaram localizados nos mesmos pontos de descarga dos emissores. O evaporímetro foi constituído por um vasilhame plástico, transparente, cilíndrico com volume de 500 ml. Estes eram abastecidos com volumes conhecidos de água para a avaliação da evaporação pontual. De posse dos valores dos volumes colocados e do diâmetro dos evaporímetros, calculou-se a evaporação em milímetros. Com os sessenta pontos amostrados, realizou-se uma análise espacial, determinando-se o mapa tridimensional da distribuição da evaporação total no período experimental.

Determinaram-se os teores de umidade do solo em sessenta pontos, correspondentes aos pontos de descarga dos emissores. Essa determinação se deu em dois momentos distintos: Num primeiro momento, coletou-se amostras de solo antes da irrigação e seis horas após a irrigação. Os pontos amostrados, antes e após a irrigação, foram analisados espacialmente e plotados em mapas tridimensionais com o objetivo de visualizar a dinâmica de água no solo ao longo do tempo e com isso, estudar as causas desta variação. Para a determinação dos teores de umidade do solo, retiraram-se amostras de solo de cada ponto, numa profundidade de 0-15 cm e procederam-se as análises pelo método gravimétrico EMBRAPA (1997).

O armazenamento de água no solo (A) se deu pela subtração dos teores de umidade do solo depois (Ud) e antes da irrigação (Ua). Os valores encontrados foram multiplicados pela profundidade de amostragem do solo (Z) e pelo valor da densidade do solo do perfil (d). A Eq. (1) descreve o cálculo do armazenamento de água no solo entre as irrigações:

$$A = (U_d - U_a) \cdot d \cdot Z \cdot 0,1 \quad (1)$$

O transplântio das mudas foi realizado sobre o solo sem canteiros ao longo do sistema de irrigação, nos mesmos espaçamentos do sistema. Foram plantados grupos de quatro pés de alface, equidistantes 15 cm entre si, sendo dois da cultivar Roxa e dois da Crespa, ao longo de cada gotejador, sendo 60 pés de alface por lateral e 240 no total. Após completar 40 dias do transplântio, todas as plantas foram colhidas e pesadas numa balança digital, de menor divisão igual a 5g. Colheu-se a parte aérea, seccionando com um estilete a parte aérea do talo. A média das massas frescas das quatro plantas de cada ponto foi dividida por quatro, obtendo a massa verde pontual. Os sessenta pontos amostrados foram analisados espacialmente, servindo para a confecção de mapas tridimensionais e visualização dos resultados.

A produção de cada planta em cada ponto foi correlacionada com a evaporação local e teor de umidade, pois essas duas variáveis destacadas foram avaliadas nos mesmos 60 pontos onde foi realizada a produção da cultura, possibilitando verificar sua influência sobre a produção. Para o estudo da variabilidade e dependência espacial das variáveis, foram estudada a produção de massa fresca, evaporação e os teores de umidade do solo. Procedeu-se a associação dos 60 pontos às suas respectivas posições estabelecidas dentro da estufa. A análise da dependência espacial, determinada pelo variograma, foi obtida com o auxílio do Programa Geoestatístico GS+ "Geostatistical for Environmental Sciences", Versão 5.0.3 Beta (GS+, 2000), que utilizou os valores das variáveis associados as suas respectivas coordenadas. Na análise estrutural do variograma foram obtidos os valores para o efeito pepita (C0), o patamar (C + C0) e o alcance (A). Além desses, outros parâmetros foram fornecidos para análise posterior: alcance efetivo, estrutura ou proporção espacial (C/C+C0), coeficiente de determinação (r²). A Krigagem ordinária dos valores obtidos dos atributos estudados, que consiste numa interpolação desses valores entre

os pontos amostrados, foi efetuada pelo módulo Interpolação – Krigagem do programa GS+ (GS+, 2000), com a opção pontual por serem utilizadas amostras simples (WEBSTER, 1985). Os cálculos para a confecção dos mapas de krigagem seguiram o protocolo descrito por Burgess e Webster (1980). A visualização dos resultados foi realizada na forma de mapas tridimensionais, através do programa GS+ (GS+, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação do sistema de irrigação pode ser observada na Tabela 4. Foram utilizados dezesseis coletores, quatro para cada lateral. O CUC e o CUD caracterizaram uma ótima uniformidade de distribuição. O índice de uniformidade estatística, que avalia a relação entre a média das medidas com o desvio padrão, também foi classificado como ótimo.

Número de coletores utilizados na avaliação do sistema, vazão média dos gotejadores, coeficiente de uniformidade de Christiansen, coeficiente de uniformidade de distribuição e uniformidade estatística.

Tabela 4. Número de coletores utilizados na avaliação do sistema, vazão média dos gotejadores, coeficiente de uniformidade de Christiansen, coeficiente de uniformidade de distribuição e uniformidade estatística.

Número de coletores	Vazão média L.h ⁻¹	CUC %	CUD %	Uniformidade estatística
16	1,33	98,20	97,06	97,81

A Figura 3 mostra o esquema experimental, sendo cada ponto um grupo de 4 alfaces plantadas, localizando também onde as alfaces Roxa tiveram maiores produções que a Crespa. Os pontos roxos designam que a cultivar Roxa teve maior produção e os azuis, a Crespa. A grande maioria dos pontos, 71,66 %, tiveram maiores desempenhos da alface Crespa.

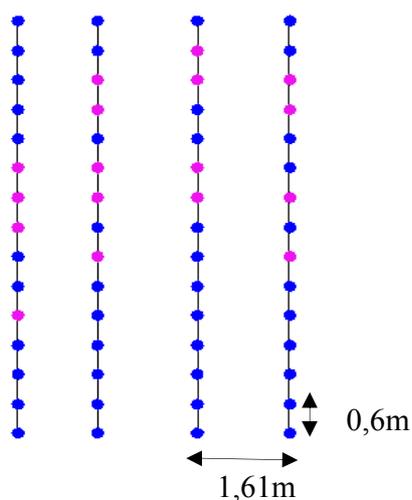


Figura 3. Espacialização dos pontos amostrais.

As escalas das Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 estão apresentadas na Tabela 5, com suas respectivas unidades de medidas. A Tabela 6 apresenta os parâmetros do variograma das Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

Tabela 5. Escala das Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

Escala	Figura 3 (mm)	Figura 4 (g g ⁻¹)	Figura 5 (g g ⁻¹)	Figura 6 (mm)	Figura 7 (g)
	90,96 - 93,07	0,25 - 0,26	0,21 - 0,21	11,78 - 13,65	286,17 - 352,09
	88,85 - 90,96	0,25 - 0,25	0,20 - 0,21	9,91 - 11,78	220,24 - 286,17
	86,73 - 88,85	0,24 - 0,25	0,19 - 0,20	8,04 - 9,91	154,32 - 220,24
	84,62 - 86,73	0,24 - 0,24	0,19 - 0,19	6,17 - 8,04	88,39 - 154,32
	82,51 - 84,62	0,23 - 0,24	0,18 - 0,19	4,30 - 6,17	22,47 - 88,39

Tabela 6. Parâmetros variográficos das Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

Figuras	Modelo	Efeito Pepita Co	Patamar Co + C	Alcance (m)	r ²	C/(C + Co)	RSS
4	Esférico	0,0100000	9,0910000	4,600	0,943	0,999	5,35
5	Exponencial	0,0000096	0,0000787	1,842	0,952	0,878	3,8E-11
6	Esférico	0,0000029	0,0000640	2,110	0,884	0,955	2,1E-10
7	Exponencial	0,3900000	5,1160000	4,090	0,929	0,924	0,691
8	Gausiano	10,000000	8327,0000	2,927	0,939	0,999	4896486

O modelo é escolhido pelo programa de acordo com o melhor ajuste do r². Assim, para a Figura 3, o modelo esférico apresenta maior r² que os demais modelos abordados.

A Figura 4 mostra o mapa tridimensional da variação espacial da evaporação nos 60 pontos monitorados pelos evaporímetros. Observa-se que na entrada da estufa e a aproximadamente nove metros de extensão a evaporação foi mais intensa, e entre quatro e oito metros foram observados os menores valores de evaporação. Esta mesma distribuição já havia sido observada por Santos, et al. (2003) na mesma estufa, para o mesmo período do ano. A energia térmica confinada na estufa, provavelmente nas regiões extremas, causando maior incidência de evaporação.

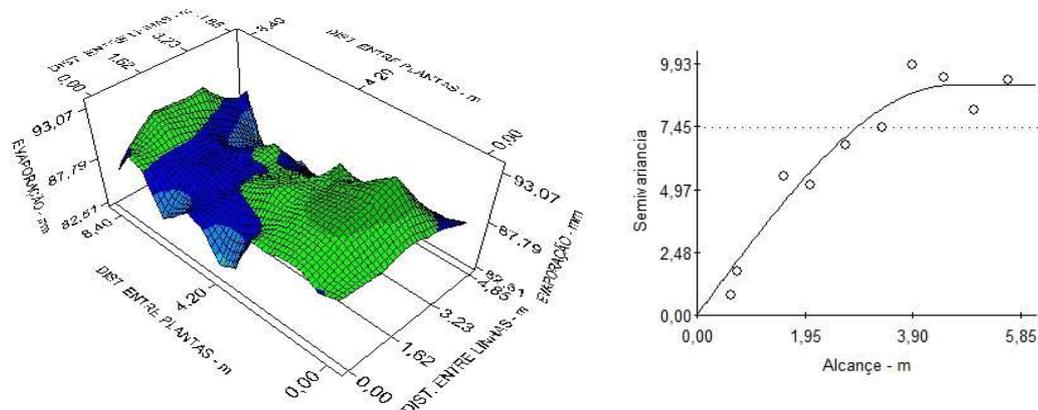


Figura 4. Evaporação total ocorrida no interior da estufa e seu variograma.

A Figura 5 mostra a distribuição do teor umidade do solo, 6 h após a irrigação. Observa-se uma semelhança deste mapa com o da evaporação. É possível que a evaporação local seja o fator prevalecente sobre a dinâmica da água na superfície do solo. As regiões mais úmidas foram as que receberam mais energia térmica, ficando a água da irrigação localizada sobre a superfície do solo, como forma de equilibrar os potenciais energéticos. Já nas regiões centrais, de menor evaporação, ocorreram maior percolação de água para regiões de maior profundidade.

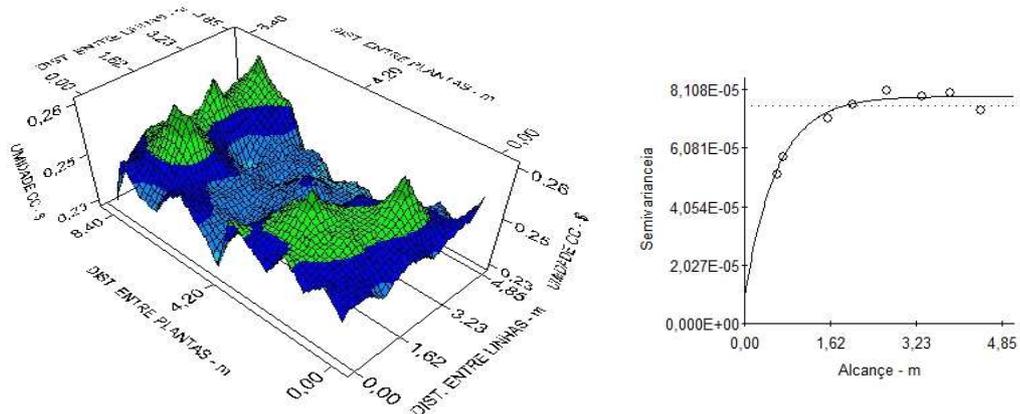


Figura 5. Teor de umidade do solo (g g^{-1}) após a irrigação e seu variograma.

A Figura 6 vem reforçar a tese de que a evaporação é o fator determinante na dinâmica de água na superfície do solo. O teor de umidade desta figura foi determinado momentos antes de se proceder a irrigação, em média 3 dias após a irrigação anterior, observando-se que as regiões mais secas foram em média aquelas que receberam maior concentração de energia, conforme é apresentado pela Figura 4. Apesar de inicialmente terem valores maiores de umidade, conforme mostrado na Figura 5, os pontos das regiões extremas perderam mais umidade para a atmosfera, ficando em média mais secos que os pontos das regiões centrais. Os pontos localizados na linha lateral ao longo da posição $x = 4,85$ m, tiveram altos teores de umidade em relação às outras linhas, devido à existência do rodapé da estufa, que impedia a incidência do sol sobre o solo daquela região.

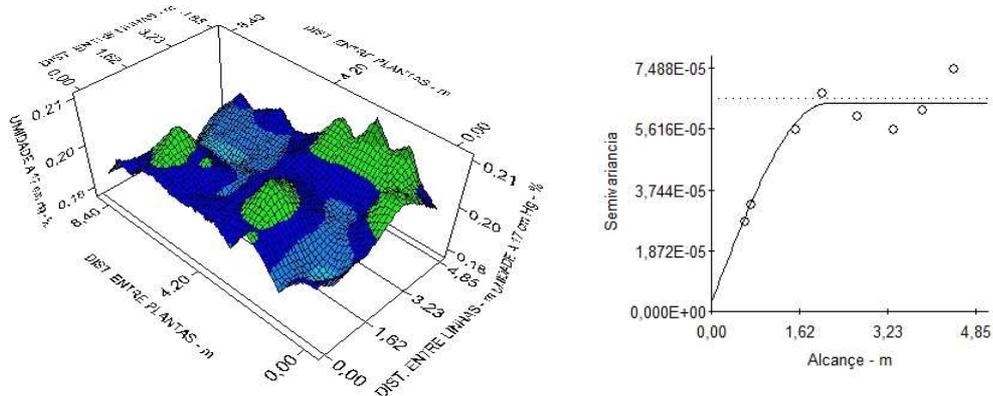


Figura 6. Teor de umidade do solo (g g^{-1}) antes da irrigação e seu variograma.

A Figura 7 mostra o armazenamento de água no solo. Assemelha-se muito com o mapa da evaporação, uma vez que as regiões de maiores valores de evaporação receberam maiores variações nos teores de água no solo entre as irrigações.

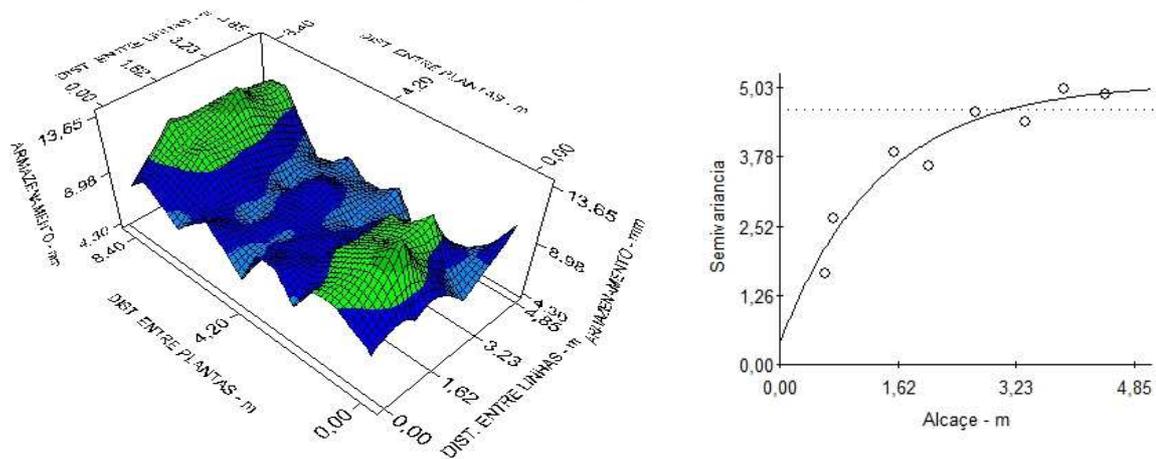


Figura 7. Armazenamento de água no solo (mm) entre as irrigações e seu variograma.

A Figura 8 representa a média das massas fresca das alfaces Roxa e Crespa em cada ponto. Como havia quatro plantas por ponto observado, duas Roxa e duas Crespa, calculou-se a média, obtendo-se a massa média por ponto amostrado. Observa-se que os pontos ao longo da linha lateral localizada no ponto $x = 3,23$ m, obtiveram maiores valores de massa verde. As extremidades da estufa apresentaram maiores valores de produção. Nestas regiões também foram observados maiores valores de evaporação e armazenamento de água no solo, o que pode ser um fator explicativo da variação na produção. Como não houve déficit de água, a dinâmica mais acelerada da água, entre o sistema solo-planta-atmosfera, beneficiou a cultura em seu desenvolvimento.

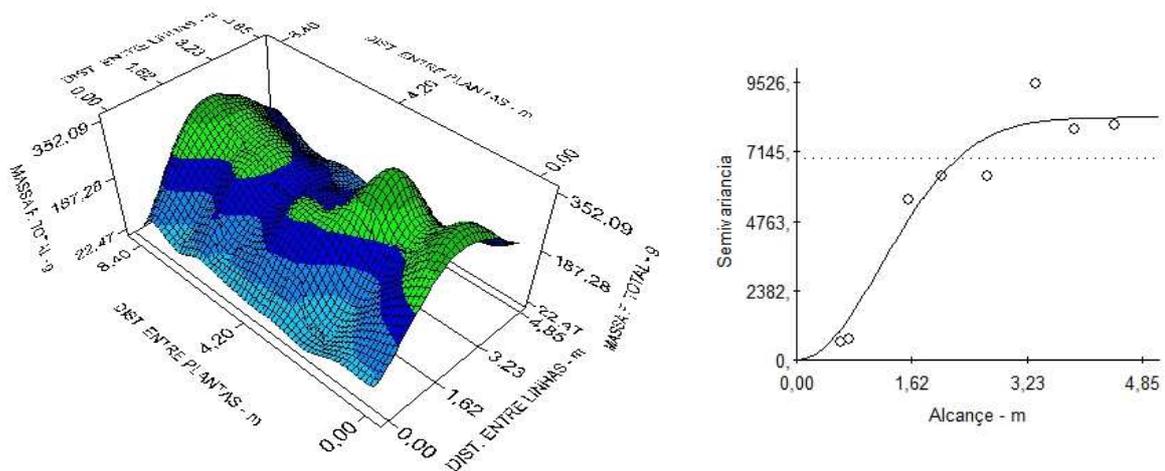


Figura 8. Produção total de massa fresca (g) e seu variograma.

Como a Figura 8 não permite uma boa visualização do que ocorre com a produção ao longo das demais linhas, justamente porque a linha lateral de maior produção camuflou a

distribuição das outras, foi proposto outras figuras que permitam esta visualização. A Figura 9 mostra a produção de massa verde, evaporação e armazenamento ao longo de cada uma das linhas laterais.

Em média, as extremidades de cada linha apresentam maiores valores de massa verde, evaporação e armazenamento de água no solo. Essa tendência é acentuada nas linhas laterais 3 e 4. A linha lateral de maior produção foi a de número 3, seguida da 2, 4 e 1. Pode-se observar que há uma tendência direta entre os valores da evaporação com os do armazenamentos, ou seja, onde a evaporação foi mais intensa, houve maiores distância entre os vapores de umidade do solo entre as irrigações, aumentando o armazenamento de água no solo.

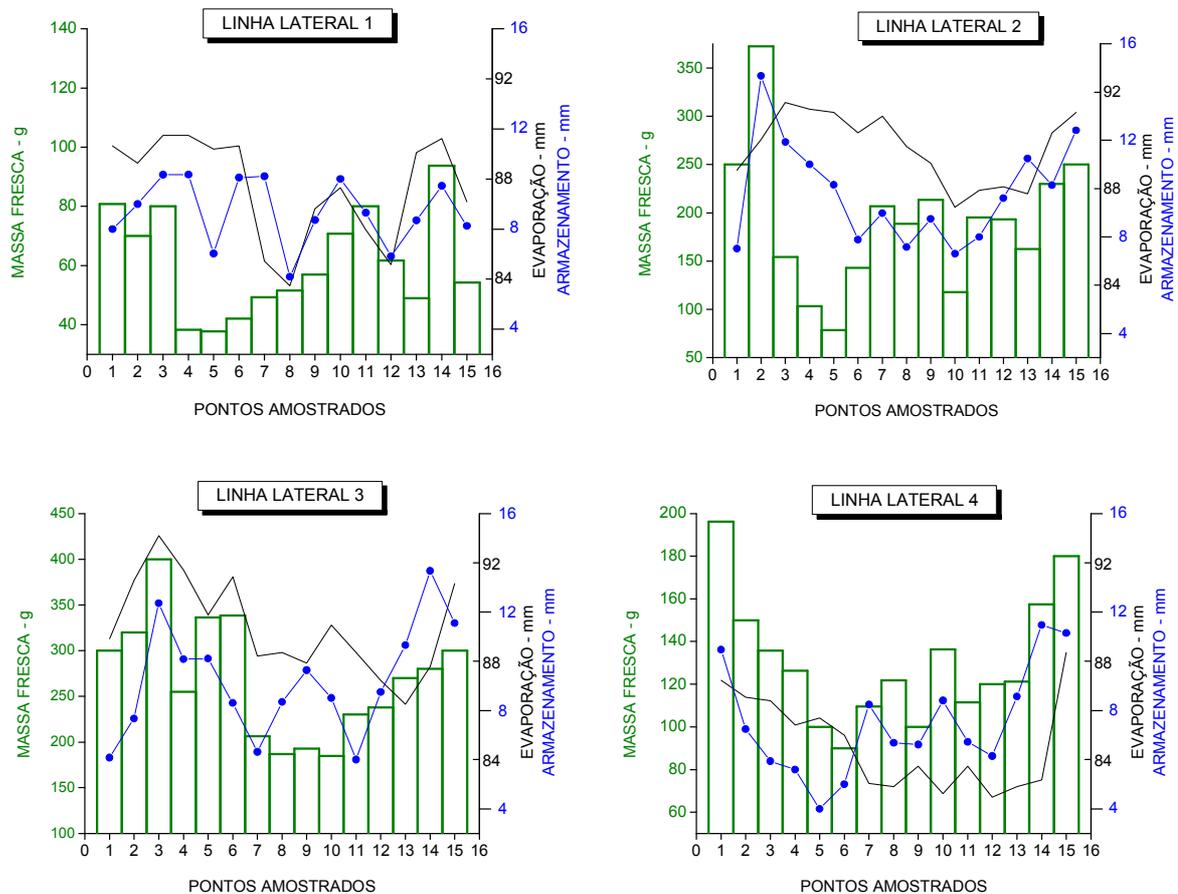


Figura 9. Produção de massa fresca, evaporação e armazenamento de água no solo ao longo das quatro linhas laterais.

6 CONCLUSÃO

As variáveis estudadas têm grande dependência espacial, o que garantiu o uso da geostatística na análise dos dados do experimento;

Há uma tendência direta entre os valores da evaporação com os do armazenamento de água no solo;

O mapa de armazenamento de água no solo assemelha-se muito com o mapa da evaporação, pois se observam maiores variações nos teores de água no solo entre duas irrigações, causados pela evaporação;

Em média, as extremidades de cada linha apresentam maiores valores de massa verde, evaporação e armazenamento de água no solo;

A grande maioria dos pontos, 71,66 %, tiveram maiores desempenhos das alface Crespa em termos de produtividade.

7 REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Emissores para sistemas de irrigação localizada - avaliação das características operacionais**. PNBR 12:02-08-021, São Paulo, 1986, 7p.

ANTUNES, C. L. **Fertirrigação nitrogenada por gotejamento e época de aplicação foliar de ácido giberélico (GA3) em alface americana (Lactuca sativa L.)**. 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

BURGESS, T. M.; WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties, 1. The semi-variogram and punctual kriging. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 315-331, June 1980.

DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva característica de retenção de água do solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 92-102, dez. 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de método de análises de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

GS+ - **Geostatistics for the Environmental Sciences**. Version 5.0.3 Beta. Michigan: Gamma Design Software, 2000. 1 CD-ROM.

KLAR, A. E. ; MAGGI, M. F. ; RAMIRO, J. S. ; ALMEIDA, A. B. . Distribuição da energia no interior de uma estufa plástica no período do inverno. **Irriga** (UNESP. CD-ROM), v. 11, p. 257-265, 2006.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta atmosfera**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408p.
LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. 226 p.

LEITE JÚNIOR, J. B. **Dessalinização do solo provocada pelo excesso do íon potássio em latossolo vermelho amarelo cultivado com alface americana (*Lactuca sativa* L.) irrigada sob ambiente protegido**. 2000. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

SANTOS, R. F.; KLAR, A. E. ; FRIGO, E. P. Crescimento da cultura de pimentão cultivado na estufa plástica e no campo sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 250-264, 2003.

SOUZA, C. M. P. de, **Alterações em elementos Agrometeorológicos relacionados com a orientação geográfica de estufa de polietileno**. 2003, 84 f. (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

GENUCHTEN, V. M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892- 898, Sept./Oct. 1980.

WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. **Advances in Soil Science**, New York, v. 3, p. 1-70, 1985.