

DISTRIBUIÇÃO DA EVAPORAÇÃO EM ESTUFA PLÁSTICA NA PRIMAVERA

Reginaldo Ferreira Santos

*Centro de Ciências Exatas e Tecnológica da UNIOESTE- CP 711
CEP 858114-110, Cascavel, PR - Fone: 0XX45 2203155. E-mail: rfsantos@unioeste.br*

Antonio Evaldo Klar

Departamento de Engenharia Rural - Faculdade de Ciências Agrônômica- UNESP - CEP 18603-970 - Botucatu, SP. CP: 237. E-mail: klar@fca.unesp.br

1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição da evaporação no interior de uma estufa plástica, com uma cultura de pimentão, através da variabilidade espacial e comparar a evaporação dos microevaporímetros com os valores do Tanque classe "A". O experimento foi conduzido no Campus da Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP, no período de primavera, em estufa plástica de polietileno de baixa densidade (PEBD). Na distribuição da evaporação em estufa com orientação norte/sul, verificou-se que as maiores evaporações ocorreram nas extremidades sul e norte tendente ao lado oeste. Já as menores evaporações localizaram-se no centro. No período de primavera, a evaporação média nos microevaporímetros superestimou em 55% a evaporação determinada no Tanque classe "A".

UNITERMOS: evaporação, geoestatística, estufa.

SANTOS, R.F, KLAR, A.E. EVAPORATION DISTRIBUTION INSIDE A PLASTIC TUNNEL IN THE SPRING SEASON

2 ABSTRACT

The main aim of this study was to verify the evaporation distribution inside a plastic tunnel, with pepper crop, oriented to north/south, through spatial variability and to compare Class A Pan evaporation to punctual evaporations of 40 equidistant microevaporimeters placed from 50cm the soil. The study was carried out at the College of Agricultural Sciences/UNESP, Botucatu – SP in the spring season. The highest evaporation occurred next to north and to south sides of the tunnel, with tendency to west. Consequently, the lowest evaporations occurred at the center area. The microevaporimeter evaporations were 55% higher than those obtained from Class A Pan.

KEYWORDS: evaporation distribution, microevaporimeter.

3 INTRODUÇÃO

A água está sendo colocada, como um dos bens mais valorizados do planeta. Por isso, a globalização da economia mundial exige que a agricultura brasileira desenvolva tecnologias mais competitivas. O mapeamento das áreas de evaporação em estufas de polietileno visa a racionalização da aplicação de água e a maximização da produção através do gerenciamento do consumo de água. Atualmente, há poucos estudos que tratam da distribuição espacial da evaporação dentro das estufas. Acredita-se que seja devido às dificuldades de medições e de metodologia (Braga, 2000).

Este método permite a otimização da aplicação localizada da água de irrigação em função da necessidade específica local e está fundamentado na existência da variabilidade espacial dos fatores produtivos e, portanto, do próprio rendimento da cultura (Balastreire et al., 1997). Molin (1997) considera que a aplicação da agricultura de precisão será o próximo desafio a ser vencido pelo agricultor brasileiro.

Diversos estudos comprovaram a existência de variabilidade espacial (Borgelt et al., 1994; Bakhsh et al., 1997; Zaccharias et al., 1997; Braga, 2000). Criou-se a necessidade de pesquisar, quantificar e analisar estas variabilidades e determinar as melhores técnicas de manejo, nos diferentes ambientes.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição da evaporação no interior de uma estufa plástica com cultivo de pimentão, através da variabilidade espacial e comparar a evaporação dos microevaporímetros com os valores do Tanque Classe "A"

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado nas dependências do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, São Paulo.

O experimento foi conduzido em uma estufa tipo túnel alto, cultivada com uma cultura de pimentão, com cobertura

de polietileno aditivado (antiultravioleta) com 150 μm de espessura. As laterais foram protegidas com tela de "sombrite". Nos rodapés, foram instalados filmes plásticos dobrados com 0,2 m de profundidade e 0,5 m de altura, a fim de evitar a entrada de água da chuva. A estufa foi posicionada no sentido norte/sul, de modo que o sentido longitudinal ficou perpendicular ao trajeto do sol. Foi instalada uma bateria de 40 evaporímetros, equidistantes entre si de 2,5 m no eixo das abscissas e 1,6 m das ordenadas. Os microevaporímetros foram vasilhames de plástico transparentes com volume de 1,5 litros, altura de 0,07 m e diâmetro de 0,18 m. Para a análise espacial, cada par de valores de distâncias e semivariâncias foram representados em gráfico bidimensional. Uma função contínua foi então ajustada aos pontos.

Um princípio básico da geoestatística é o de que as observações tomadas a pequenas distâncias são mais similares umas às outras do que aquelas tomadas a distâncias maiores, característica de uma variável autocorrelacionada. Adotaram-se, preliminarmente, modelos isotrópicos, ou seja, assumiu-se que o padrão da estrutura espacial é o mesmo em todas as direções e verificou-se que há qualidade da representação espacial, como sugere Issaks & Srivastava (1989).

Os ajustes dos modelos foram feitos utilizando-se técnicas exploratórias, auxiliadas pelo índice de adequação do ajuste (IAA), proposto por Pannatier (1996). Este índice, sempre positivo, será tanto menor quanto melhor for o ajuste. A partir destes dados, utilizando-se a técnica de Krigagem, sendo construídos os mapas de contorno para facilitar a visualização da variabilidade espacial.

Seguindo o mesmo procedimento de Borgelt et al. (1994), os dados de semivariância foram ajustados pelos modelos esférico, exponencial, gaussiano e linear generalizado. Para as análises, foi utilizado o software VARIOWIN 2.2, para verificar a continuidade espacial das variáveis e em caso positivo a ajustagem de modelos. Foi utilizado o software SURFER 6.0 na confecção dos mapas de contorno e mapas de superfície. O Quadro 1 mostra os valores dos elementos meteorológicos medidos dentro da estufa.

Quadro 1. Valores médios mensais de temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR), déficit de saturação do vapor d'água no ar (DS), tensão atual de vapor d'água no ar (TV), evaporação do tanque classe "A" (TA), dentro da estufa, insolações e fluxo de radiação solar (RS) observados na estufa.

Mês	T_{ar} (°C)	UR (%)	DS (KPa)	TV (kPa)	Insolação (horas)	TA (mm.dia ⁻¹)	RS (cal cm ⁻² dia ⁻¹)
Set	23,6	66,3	0,97	1,92	6,73	1,8	467
Out	23,5	68,1	0,95	1,94	6,12	2,0	444
Nov	24,7	68,7	1,00	2,12	4,62	2,0	439
Dez	25,6	70,8	0,97	2,29	7,64	2,2	520
<i>Md</i>	24,3	69,5	0,97	2,07	6,28	2,0	468

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a análise da geoestatística pressupõe a inexistência de tendências associadas às posições espaciais, verificou-se a existência de padrões nos gráficos das variáveis estudadas em relação às coordenadas de posição.

A Figura 1 apresenta os semivariogramas obtidos para cada período considerado de evaporação: setembro/outubro, outubro/novembro, novembro/dezembro e setembro/dezembro.

A dependência espacial entre os evaporímetros nas observações tomadas foi crescente, respectivamente duas, três, cinco e sete vezes a distância média entre os evaporímetros. O modelo gerado que se ajustou às condições implantadas foi o esférico para as determinações feitas com os evaporímetros instalados a 0,5 m.

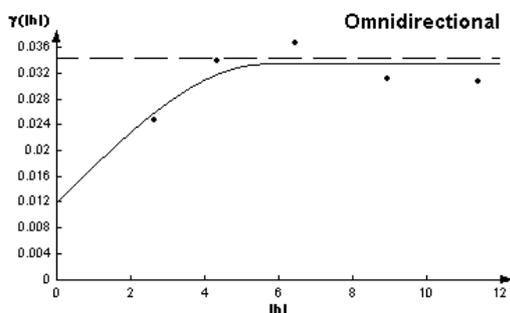
Em todos os períodos considerados os valores atingiram um patamar, e o modelo escolhido deveu-se ao comportamento dos pontos mais próximos à origem, por ser nesta região que o modelo será utilizado durante o processo de krigagem.

No Quadro 2, apresentam-se os valores para o efeito pepita, patamar, alcance, fator de escala e coeficiente de efeito pepita.

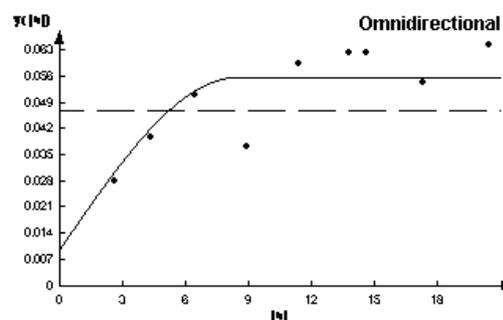
Quadro 2. Resultados da análise geoestatística para os evaporímetros instalados a 0,5 m do solo na primavera (modelo esférico).

VARIÁVEL	Set./Out.	Out/Nov.	Nov/Dez	Set./Dez
Efeito pepita (C_0)	0,012	0,010	0,036	0,013
Patamar (C_1)	0,021	0,046	0,080	0,044
Alcance (a) m	5,64	8,40	11,88	15,84
Escala (α)	9,3990e-03	6,8541e-02	6,0826e-02	6,1031e-02
Coef. do efeito pepita (%)	36	6,8	31	23

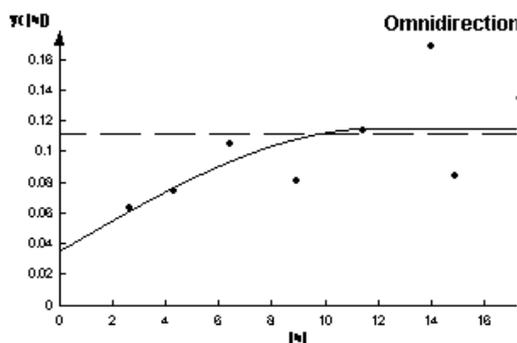
Setembro/Outubro



Outubro/Novembro



Novembro/Dezembro



Setembro/Dezembro

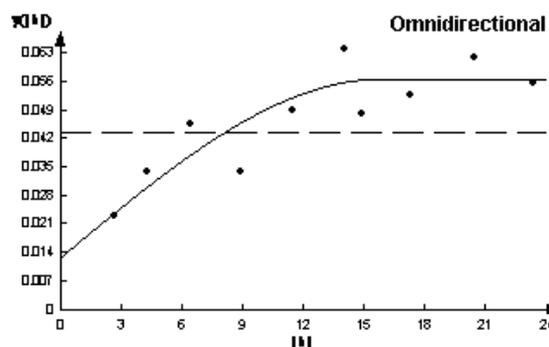


Figura 1. Semivariogramas para valores médios de evaporação de diferentes períodos com os evaporímetros instalados a 0,5 m.

A partir do alcance, ou seja, onde o semivariograma ajustado atingiu o patamar, as amostras não mais apresentaram dependência espacial. Assim, até 5,6; 8,4; 11,9 e 15,8 m, conforme apresentado no Quadro 3 e respectivamente para a Figura 2, as amostras apresentaram dependência espacial sendo analisadas sob a ótica da geoestatística, que considera a variação espacial dos dados. Acima desses pontos considerados, pode se utilizar a estatística convencional para a análise dos dados. Os valores do efeito pepita (C_0) revelam a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores que aquelas amostradas, ou seja, é o próprio erro de amostragem. A dependência espacial dos valores de evaporação a 0,5 m, que é dada pela relação entre o efeito pepita e o patamar, é considerada moderada para os meses de setembro/outubro, forte para os meses outubro/novembro, moderada para os meses de novembro/dezembro e forte para os valores médios do período de setembro/dezembro.

Analisando a distribuição da evaporação nos evaporímetros em quadrantes, de 16/09 a 16/10 de 1997, observou-se que as médias de evaporação no quadrante nordeste, $3,42 \text{ mm dia}^{-1}$, foram maiores que os valores médios dos quadrantes noroeste, sudeste e sudoeste respectivamente em 10%, 4% e 4%, respectivamente (Quadro 3). Verificou-se que os valores médios de $3,35 \text{ mm dia}^{-1}$ de evaporação da lateral leste da estufa foram, também, superiores em 5% aos valores da lateral oeste. Já os valores médios da evaporação nos quadrantes norte, partes frontais da estufa, foram superiores em 1% aos quadrantes sul, parte dos fundos da estufa. Já a evaporação média dos microevaporímetros, neste primeiro período, foi de $3,27 \text{ mm dia}^{-1}$, superior em 60% ao valor médio, no mesmo período, da evaporação do tanque classe "A", instalado no interior da estufa.

Analisando a distribuição das isolinhas de evaporação no interior da estufa com os evaporímetros instalados a 0,5 m do solo, no primeiro mês de medição, conforme a Figura 1, verificou-se que os menores valores de evaporação parece seguirem a tendência de uma distribuição no sentido oeste, predominando principalmente o vértice direito da face frontal norte e área central junto a lateral oeste. Já os maiores valores nas isolinhas de evaporação, ocorrem na lateral leste, principalmente junto aos vértices.

Quadro 3. Valores médios da distribuição da evaporação determinada em evaporímetros na estufa com orientação norte/sul, cultivada com pimentão, no período de setembro/outubro.

Quadrante	Evaporação (mm dia ⁻¹)	Quadrante	Evaporação (mm dia ⁻¹)
Nordeste	3,42	Sudeste	3,28
Noroeste	3,10	Sudoeste	3,28

A maior evaporação na lateral leste concorda com a predominância da direção dos ventos neste período, onde 57 % ocorreu na direção leste/sudeste e 24% na direção leste, assemelhando-se aos resultados encontrados por Braga (2000) em cultivo conduzido em área próxima, no mesmo período e com PEBD de 100m μ .

Embora muitos autores relatem pouca influência do vento na evaporação no interior da estufa, a explicação da distribuição da evaporação pode ser dada pela influência da direção do vento nesse período. Os valores médios nesse período, das variáveis agrometeorológicas avaliadas foram: (i) a campo - fluxo de radiação solar médio de 484,4 cal.cm⁻².dia⁻¹, insolação de 6,9 horas, evaporação 3,8 mm dia⁻¹, velocidade média do vento de 1,8 m s⁻¹, 9 dias de chuvas com um total de 174,6 mm e (ii) no interior da estufa: temperatura do ar média 23,8 °C, a umidade relativa do ar de 66,6% e a evaporação do Tanque classe "A" de 2 mm dia⁻¹.

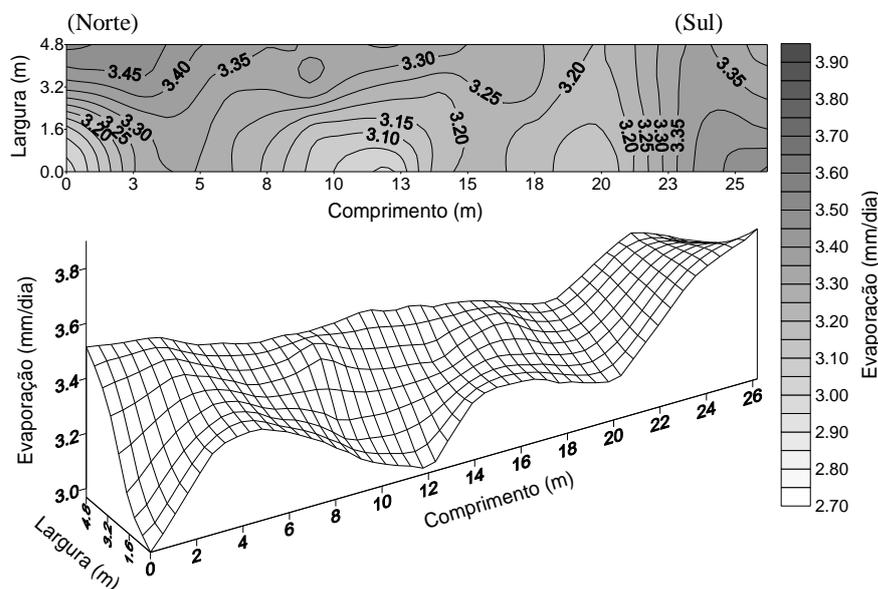


Figura 1. Distribuição da evaporação, determinada em evaporímetros, à altura de 0,5m em Setembro/Outubro.

Analisando-se a distribuição da evaporação em quadrantes, no período de 17/10 a 18/11, observou-se que os valores médios no quadrante sudoeste, 3,34 mm dia⁻¹, foi superior aos valores médios dos quadrantes sudeste, nordeste e noroeste, respectivamente em 7%, 3% e 6% (Quadro 4). Ao contrário do período anterior, os valores médios de evaporação nesse período de 3,18 mm dia⁻¹ na lateral oeste da estufa foram superiores aos valores da lateral leste em 2% e os valores médios da evaporação nos quadrantes sul, partes do fundo da estufa, foram superiores em 2% aos quadrantes do norte, partes frontais da estufa.

Quadro 4. Valores médios da distribuição da evaporação, determinada em evaporímetros, a altura de 0,5 m, em estufa com orientação Norte/Sul, cultivada com pimentão, no período de outubro/novembro.

Quadrante	Evaporação (mm dia ⁻¹)	Quadrante	Evaporação (mm dia ⁻¹)
Nordeste	3,24	Sudeste	3,11
Noroeste	3,14	Sudoeste	3,34

Nesse período, encontraram-se valores médios nos evaporímetros de 2,21 mm.dia⁻¹, superiores em 9,9% aos valores médios do tanque classe "A" de 2,01 mm dia⁻¹. Além dos valores médios dos evaporímetros apresentarem similaridade quando comparados ao período anterior, as médias de evaporação no tanque classe "A", no interior da estufa, foi, também, muito similar ao período anterior. Neste período houve diminuição dos valores de incidência do fluxo de radiação solar, insolação, velocidade do vento e evaporação a campo que caíram respectivamente para 480,5 cal/cm².dia, 6,23 h, 1,59 m.s⁻¹ e 3,6mm dia⁻¹. Outro fator que contribuiu foi o número de dias chuvosos, passou de 9 para 15, embora a precipitação no período tenha diminuído para 153,3 mm. Possivelmente o valor médio mais elevado que o mês anterior de temperatura do ar de 24,63°C seja a justificativa para a maior evaporação neste período se comparado ao anterior. O valor médio de umidade relativa do ar no período foi de 68%, em função do maior número de dias chuvosos.

A Figura 2 mostra a variação espacial da evaporação da água na estufa, à altura de 0,5 m do solo para o segundo período de monitoramento. Observando o comportamento das isolneas de evaporação, neste período, verificou-se que a distribuição maior de evaporação, em relação ao período analisado anteriormente, caminha para a lateral leste, sobressaindo-se a parte frontal leste, direção norte e, também fundos da estufa na direção sul. A maior evaporação nas laterais leste e sul, concorda com a predominância da direção dos ventos neste período, onde, 69% foi na direção leste/sudeste. Já os menores valores de evaporação foram determinados nas áreas iniciais norte, área central do início do quadrante sul e também lateral oeste. Neste período, as plantas de pimentão estavam com altura média próxima a 0,5 m, e podem ter influenciado na distribuição da evaporação na estufa. Outro fator relevante, segundo Harnett et al. (1979) e Braga (2000), é a distribuição da evaporação na estufa com orientação norte/sul ser mais heterogênea, devido à menor eficiência na transmissão da radiação solar, em comparação com estufas com orientação leste/oeste.

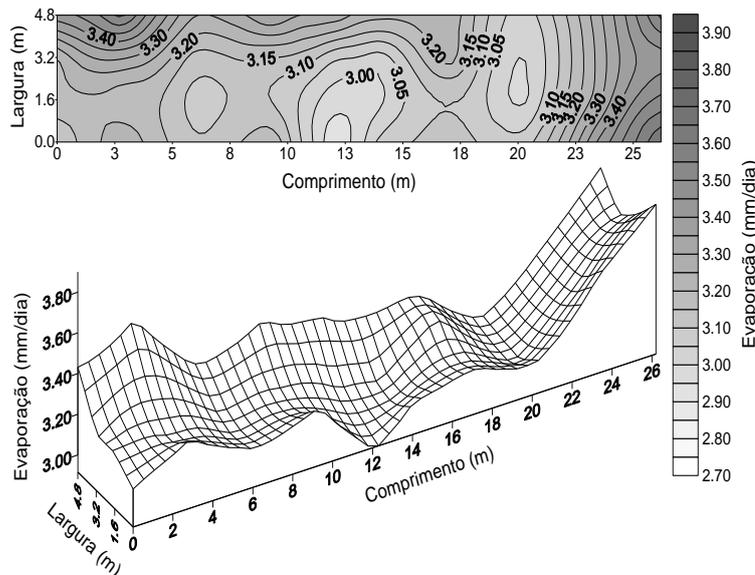


Figura 2. Valores médios da distribuição da evaporação, determinada em evaporímetros, a altura de 0,5 m, no período de Outubro/Novembro.

Analisando a distribuição da evaporação dos evaporímetros em quadrantes, de 19/11 a 17/12 no Quadro 5, verificou-se que as médias da evaporação no quadrante sudoeste, $3,50 \text{ mm dia}^{-1}$, foi maior que os valores médios dos quadrantes sudeste e nordeste e noroeste respectivamente em 10%, 11,5% e 17%.

Quadro 5. Valores médios da distribuição da evaporação, determinada em evaporímetros, à altura de 0,5 m, cultivada com pimentão, no período de novembro/dezembro.

Quadrante	Evaporação (mm dia^{-1})	Quadrante	Evaporação (mm dia^{-1})
Nordeste	3,14	Sudeste	3,18
Noroeste	2,99	Sudoeste	3,50

Os valores médios de $3,24 \text{ mm dia}^{-1}$ de evaporação da lateral oeste da estufa foram, também, superiores em 2,5% aos valores da lateral leste. Já os valores médios da evaporação nos quadrantes sul ($3,34 \text{ mm dia}^{-1}$), partes do fundo da estufa, foram superiores em 9% aos quadrantes do norte, partes frontais da estufa. A evaporação média do período na estufa foi de $3,20 \text{ mm dia}^{-1}$, superior em 51,65% ao valor médio de evaporação do tanque classe "A," instalado no interior da estufa.

Analisando a distribuição das isolneas de evaporação no interior da estufa, com os evaporímetros instalados a 0,5 m do solo, apresentada na Figura 3, para o terceiro período de medição, verificou-se que o comportamento dos maiores valores de evaporação seguem uma tendência para o sentido sul, predominando principalmente a área localizada próximo ao lado oeste. Já os menores valores das isolneas ocorreram, principalmente, na lateral leste, face frontal norte da estufa. A maior evaporação nas laterais leste e sul mostra a predominância da direção dos ventos neste período.

A explicação para a distribuição da evaporação é dada pela influência dos ventos que, nesse período, atingiram cerca de 67% do total com direção leste e sudeste. Os valores médios no período de algumas variáveis agrometeorológicas foram de: (i) a campo: fluxo de radiação solar médio de $480,18 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$, insolação de 5,9 horas e velocidade média do vento de 1,7 m/s, 14 dias de chuvas com uma lâmina de 181 mm e $3,7 \text{ mm dia}^{-1}$ de evaporação; (ii) no interior da estufa: temperatura do ar média $23,6 \text{ }^\circ\text{C}$, a umidade relativa do ar de 72,9% e a evaporação do tanque classe "A" de 2 mm dia^{-1} .

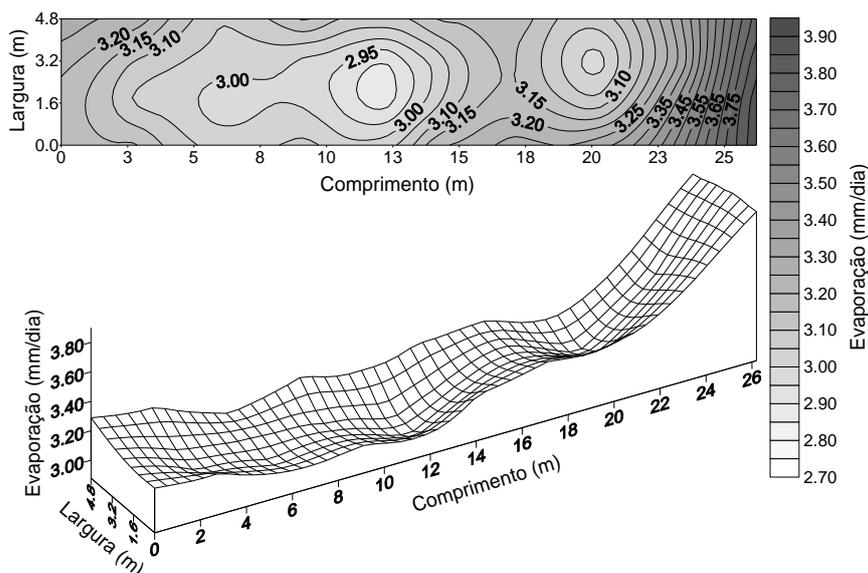


Figura 3. Valores médios da distribuição da evaporação, determinada em evaporímetros, a altura de 0,5 m no período de Novembro/Dezembro.

Provavelmente o porte da cultura nesse período tenha influenciado na distribuição espacial da evaporação no interior da estufa, devido ao porte, superior a 1,0 m. Nesse estágio de crescimento, as plantas já atuavam como uma barreira natural ao vento sobre os evaporímetros.

A Figura 4 mostra a seqüência do comportamento da variação espacial da evaporação média a 0,5 m do solo dos três períodos estudados.

Observou-se, ao longo dos três períodos, que a distribuição da evaporação tende de oeste para leste. Há, também, ao longo dos períodos estudados, uma espécie de formação de “bolha”, com valores de menor evaporação, na área central da estufa. Já as isolines de maior evaporação caminham para o sentido sul, no sentido oeste e em menor escala, porém com propensão também para maior evaporação no sentido norte, rumo ao leste.

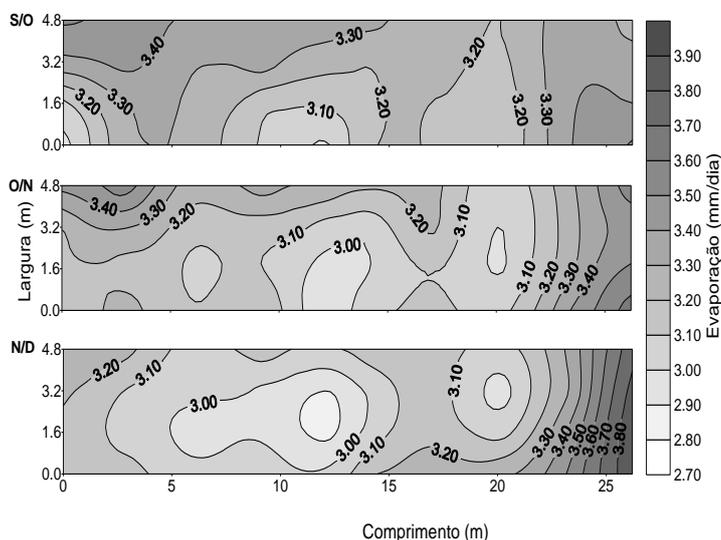


Figura 4. Valores médios da distribuição da evaporação, determinada em evaporímetros, à altura de 0,5 m, no período de setembro/outubro (S/O), Outubro/Novembro (O/N) e Novembro/Dezembro (N/D).

A Figura 5 mostra a média da distribuição da evaporação a 0,5 m, nos três primeiros períodos estudados.

Observou-se que o comportamento da distribuição da evaporação na estufa apresentou redução da evaporação de oeste para leste, bem como, uma espécie de formação de “bolha”, onde a evaporação foi menor, na área central da estufa, entre 7,5 e 15 m do comprimento e uma outra “bolha” central a cerca 20 m. Já a maiores linhas de isoevaporação

localizaram-se no sentido sul, no rumo oeste e em menor escala, porém com propensão também para maior evaporação no sentido sul, rumo ao leste.

As isolíneas de evaporação podem ser também chamadas de isolíneas de mesmo calor latente. Observou-se nas figuras analisadas que a distribuição de evaporação nas estufas pode ser transformada em valores de distribuição de calor latente, pois de acordo como Pereira et al. (1997), precisam-se de 245 J de energia, como calor latente, para evaporar 1 mm de água. Pode-se então afirmar que os valores médios de energia solar, ao longo do período estudado, foram melhor distribuídos nas áreas localizadas entre 0 a 24 m, sentido Sul, da estufa. Já, a área localizada a uma distância maior que 24 metros apresentaram maior heterogeneidade de elevação nas isolíneas de evaporação.

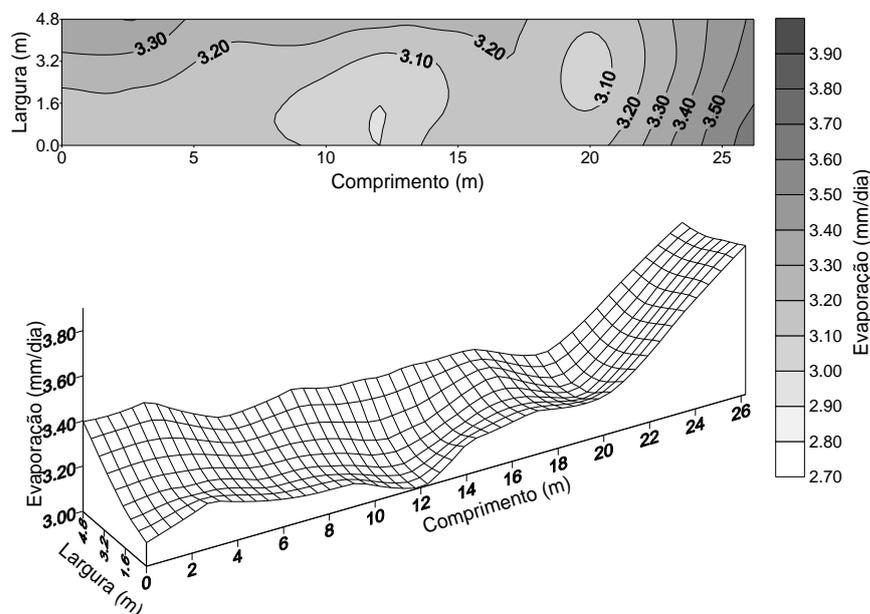


Figura 5. Valores médios da distribuição da evaporação, determinada em evaporímetros, a altura de 0,5 m, em estufa com orientação Norte/Sul, no período de Setembro/Dezembro.

Os pontos de menor evaporação se localizaram entre 5 a 14 m no sentido sul e em torno de 19 a 21 m, também sentido sul. Vale ressaltar que o tanque classe "A" esteve localizado no centro da estufa, possivelmente por causa deste fato, devido à maior elevação da umidade relativa do ar nesta área, se concentraram as linhas de menor evaporação.

Observa-se, que as maiores evaporações ocorreram nas extremidades da estufa, no sentido sul e norte rumo ao oeste, o que mostra que a porta de entrada pode, também, ter influenciado na distribuição da evaporação na estufa. Resultados similares, também, foram encontrados por Braga (2000) em estufa com orientação norte/sul.

Devido à grande facilidade que os evaporímetros apresentaram para manejar a irrigação em estufas, eles vêm sendo recomendados por muitos técnicos e pesquisadores. Entretanto, observou-se, através deste estudo, que, dependendo da localização do evaporímetro no interior da estufa, grandes variações na lâmina evaporada podem ocorrer e, em consequência, superestimar a lâmina de irrigação a ser aplicada.

A partir do início da primavera, os valores de umidade relativa diminuem e os de temperatura, bem como insolação e radiação solar aumentam, elevando assim, a demanda atmosférica e, em consequência, a evaporação. Entretanto, neste período, como pode ser visto no Quadro 6, praticamente não houve variação dos valores da evaporação média mensal nos microevaporímetros e, também, no tanque classe A, bem como, evidentemente, na diferença média entre os dois tanques, 55%.

Quadro 6. Valores médios mensais de evaporação medidas nos evaporímetros e no tanque classe "A", no período de setembro de 1997 a fevereiro 1998.

Períodos	Microevaporímetro mm dia ⁻¹	Tanque classe "A" mm dia ⁻¹	Diferenças (%)
setembro/outubro	3,2	2,0	60,0
outubro/novembro	3,2	2,1	52,4
Novembro/dezembro	3,2	2,1	52,4
Média	3,2	2,1	55,0

6 CONCLUSÕES

Na distribuição da evaporação na estufa com orientação norte/sul, verificou-se que as maiores evaporações

ocorreram nas extremidades da estufa, sul tendendo ao leste e norte tendendo ao oeste. Já as menores evaporações localizaram-se no centro e centro Sul da estufa. A evaporação média nos microevaporímetros superestimou em 55% a evaporação determinada no tanque classe "A".

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKHSH, A., COLVIN, T.S., JAYNENES, D.B., KANWAR, R.S., TIM, U.S. *Spatial distribution of soil attributes affecting crop yield*. St. Joseph: ASAE, 1997. 16p. (paper 97-1032).
- BALASTREIRE, L.A., ELIAS, A.L., AMARAL, J.R. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade da cultura de milho. *Revista de Engenharia Rural*, Piracicaba, v.8, n.1, p.97-111, 1997.
- BORGELT, S.C., SERCY, S.W., STOUT, B.A., MULLA D.J. Spatially variable liming rates: a method for determination. *Transactions of the ASAE, St Joseph*, v. 37, n. 5, p. 1499-507, 1994.
- BRAGA, M.B. *Manejo da irrigação e orientação geográfica de estufas na produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.)*. Botucatu, 2000, 85p, Tese (Doutorado em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual de São Paulo.
- ISAAKS, E. H., SRIVASTAVA, R.M. *An antroction to applied geoestatistics*. New York: Oxford University Press, 1989. 560p.
- MOLIN, J.P. Agricultura de precisão: mais um desafio para o agricultor brasileiro. *Plantio Direto*, Passo Fundo, v.39, n.3, p.26-7, 1997.
- PANNATIER, Y. *Variowin - Software for spatial data analysis in 2D*. New York: Springer-Verlag, 1996. 91p.
- PEREIRA, A. R., VILANOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- ZACCHARIAS, S., HEATWOLE, C.D., CAMPBELL, J.B. Spatial trends in the texture, moisture content, and pH of a Virginia Coastal plant soil. *Transation of the ASAE, St. Joseph*, v.40, n.5 p. 1277-84, 1997.