

## DEMANDA HÍDRICA DA AVEIA-PRETA: VARIABILIDADE ESPACIAL SOB CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

MONICA MARTINS SILVA SALVADOR<sup>1</sup>; PAULO LEONEL LIBARDI<sup>1</sup> E CRISTHIANE ANETE NEIVERTH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ESALQ/USP, Departamento de Engenharia de Biosistemas, Av. Pádua Dias 11, CP 9, 13418-900, Piracicaba-SP. monica\_mars@hotmail.com; pllibard@usp.br; crisneiverth@yahoo.com.br

### 1 RESUMO

O conhecimento da demanda hídrica da aveia-preta é fundamental para sua produção racional nas condições climáticas da região sudeste com e sem irrigação. O trabalho trata da determinação do balanço de água no solo com uma cultura de aveia-preta, forrageira de inverno, com o objetivo de obter informações sobre o comportamento espacial de sua evapotranspiração e fluxo de água no solo utilizando ferramentas geoestatísticas bem como verificar sua capacidade produtiva quando cultivada sob condições de sequeiro na região de Piracicaba-SP, Brasil. Para isso, avaliaram-se os componentes da equação do balanço de água no solo nas fases fenológicas da cultura. Em uma área experimental de 1.500 m<sup>2</sup>, localizada na ESALQ/USP, Piracicaba-SP, estabeleceram-se 60 pontos de amostragem distanciados 5 m entre si, numa grade retangular de seis linhas e dez colunas (50 m x 30 m). Foram medidas a precipitação pluvial (P), a drenagem interna (D) (ou ascensão capilar-AC) na profundidade de 0,40 m, a variação da armazenagem ( $\Delta h$ ) na camada de solo de 0,0-0,40 m, e a evapotranspiração real (ET) foi considerada como incógnita da equação sendo o deflúvio superficial desconsiderado. A variação do fluxo de água no solo foi mais acentuada durante a fase vegetativa e de florescimento, com pontos apresentando picos de AC mais acentuados durante o florescimento da cultura e pouca variação de movimento de água na fase de maturação. O valor máximo de ET foi 5,5 mm dia<sup>-1</sup> no florescimento, mostrando equivalência com dados de experimentos irrigados. A dependência espacial da variabilidade da ET e fluxo de água no solo foi detectada, porém com maior alcance para ET. O padrão de variabilidade espacial da evapotranspiração e fluxo de água no solo mostrou que locais com maiores valores de ET também coincidem com a ocorrência de AC no estágio de florescimento da cultura. A produção de matéria seca foi de 3,1 t ha<sup>-1</sup> ficando dentro da média de produção para o estado de São Paulo.

**Palavras-chave:** ascensão capilar; balanço hídrico; armazenagem de água no solo.

SALVADOR, M. M. S.; LIBARDI, P. L.; NEIVERTH, C. A.  
WATER DEMAND OF BLACK OAT: SPATIAL VARIABILITY UNDER RAINFED CONDITIONS

### 2 ABSTRACT

Knowing the water demand of black oat is of great importance for its rational production in climatic conditions of the southeastern region with and without irrigation. The experiment addresses determination of water balance in the soil grown with black oat, a winter forage,

aiming at information on spatial behavior of evapotranspiration and water flow in the soil using geostatistical tools. Also, the study evaluates the production capacity when black oat is grown under rainfed conditions in the region of Piracicaba city, SP, Brazil. To this end, components of the equation of soil water balance in the phenological stages of the crop were evaluated. In a 1,500 m<sup>2</sup> experimental area at Luiz de Queiroz College of Agriculture, ESALQ, São Paulo University, Piracicaba – SP, 60 sampling sites, 5 meters apart were selected in a rectangular grid consisting of six rows and ten columns (50 m x 30 m). Values of precipitation (P), internal drainage (ID) or capillary rise (CR), at 0.40 m deep, water storage variation ( $\Delta h$ ) at 0.0 to 0.40 m soil layer were measured. Actual evapotranspiration (ET) was considered the unknown variable of the equation. Surface runoff was not taken into consideration. Variation in soil water flow was higher during vegetative and flowering phases with increased CR peaks during crop flowering, and little variation in water movement in the maturation phase. Maximum value of ET was 5.5 mm day<sup>-1</sup> during flowering, which is similar to data from irrigated experiments. Spatial dependence of ET and soil water flow variability were observed, but with greater range for ET. The pattern of spatial variability of evapotranspiration and soil water flow showed that sites with higher values of ET have also had simultaneously occurrence of CR in the flowering phase of the crop. Dry matter production was 3.1 t ha<sup>-1</sup>, which is similar to mean values reported for the state of São Paulo.

**Keywords:** capillary rise, water balance, storage of soil water.

### 3 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies utilizadas como planta de cobertura do solo para o sistema de plantio direto, destaca-se a aveia-preta (*Avena strigosa*, Scheid). Trata-se de uma gramínea que tem sido estudada e empregada na região sul e sudeste do Brasil, como forrageira (GODOY & BATISTA, 1992; REIS et al., 1990) e material de adubação verde de inverno, com bons resultados (DERPSCH et al., 1985; TRANI et al., 1989; SANTOS, 1991), sendo vista como uma das mais importantes culturas de inverno, sob o ponto de vista de cobertura do solo e obtenção de palha para a realização do plantio direto (RANGEL et al. 2002). Contudo, o conhecimento da demanda hídrica da aveia-preta é fundamental para sua produção racional nas condições climáticas da região sudeste com e sem irrigação. Ferreira et al. (1991) encontraram valores de evapotranspiração da aveia-preta irrigada variando de 1 a 4 mm dia<sup>-1</sup> e produção de matéria seca de 3,7 t ha<sup>-1</sup> e Bacchi et al. (1996) encontraram valores de 1 a 6 mm dia<sup>-1</sup> e 5,7 t ha<sup>-1</sup> de produção de matéria seca.

Em condições de alta pluviosidade, pode ser importante a quantidade de água que deixa a camada superficial do solo e atinge camadas mais profundas. Essa drenagem profunda, responsável pela recarga dos reservatórios subterrâneos, é frequentemente desprezada em estudos de balanço hídrico: no entanto, ela pode chegar à mesma ordem de grandeza da evapotranspiração (VACHAUD et al, 1973; PEREIRA et al., 1974). Por outro lado, em condições de déficit hídrico, como acontece na época de desenvolvimento da aveia-preta na região de Piracicaba-SP, o movimento de água que deixa as camadas mais profundas em direção à superfície do solo deve também ser considerada, visto que esta ascensão capilar contribuirá para o suprimento de água na zona radicular. Além disso, temperaturas elevadas provocam forte redução na produtividade de matéria seca de aveia-preta. Por essa razão, as

regiões indicadas para cultivo dessa forrageira devem apresentar condições de temperatura amena em pelo menos uma época do ano (FEROLLA et al., 2007).

Assim, torna-se necessária a informação da viabilidade do emprego destas espécies forrageiras de inverno em localidades com inverno seco e sem irrigação.

O objetivo desta pesquisa foi obter informações sobre o comportamento espacial da evapotranspiração e fluxo de água no solo cultivado com aveia-preta, forrageira de inverno e avaliar a capacidade produtiva da referida cultura sob condições de sequeiro na região de Piracicaba-SP.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Em uma área experimental de 1.500 m<sup>2</sup>, localizada na ESALQ/USP, Piracicaba-SP, estabeleceram-se 60 pontos de amostragem distanciados 5 m entre si, numa grade retangular de 10 por 6 pontos (50 m x 30 m). As coordenadas geográficas do local são 22°42'30" de latitude S, 47°38'00" de longitude WGr e, aproximadamente, 546 m de altitude.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, denominado "tropical de altitude". É um clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente excede 22°C. As médias anuais de temperatura, precipitação pluvial e umidade relativa são de 21,1°C, 1.257 mm e 74%, respectivamente. A estação seca ocorre entre os meses de abril e setembro, sendo julho o mês mais seco. O mês mais chuvoso oscila entre dezembro e fevereiro, e as chuvas mensais do período de outubro a dezembro variam de 110 mm no mês de outubro a 199 mm no mês de dezembro.

O solo local foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Embrapa, 2006) ou Typic Hapludox (SOIL SURVEY STAFF, 2003) com textura média a arenosa em todo o perfil (BRITO, 2010). Para o seu preparo realizou-se uma aração com arado escarificador a 0,30 m de profundidade e enxada rotativa.

O experimento foi conduzido durante o inverno de 2011 (maio a agosto) com o cultivo da aveia-preta (*Avena strigosa* Scheid), (cultivar Preta comum), a qual foi adubada de acordo com a recomendação para a cultura no Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997).

A partir dos resultados de conteúdo de água em função do tempo de redistribuição da água obtidos em cada ponto de amostragem pelo método de Libardi et al., (1980) sob condições de campo segundo o experimento do perfil instantâneo (WATSON, 1966), foi determinada a condutividade hidráulica  $K$  em função do conteúdo de água no solo em cada ponto experimental à profundidade de 0,40 m.

Com os valores diários de  $K$  e  $\Delta\phi/\Delta Z$  a densidade de fluxo de água ( $q$ ), que pode ser positiva, resultando na ascensão capilar (AC) e negativa, resultando na drenagem interna (D), foi calculada nas profundidades  $Z=0,40$  m, segundo a equação de Darcy-Buckingham (LIBARDI, 2012):

$$q = -K(\Delta\phi / \Delta Z) \quad (1)$$

sendo  $q$  = densidade de fluxo da água no solo (mm dia<sup>-1</sup>);  $\Delta Z$  = comprimento da camada do solo (0,10 m), entre as profundidades 0,35 e 0,45 m;  $K$  = a condutividade hidráulica  $K$  (mm dia<sup>-1</sup>) obtida pelo método do perfil instantâneo; e  $\Delta\phi$  = diferença de potencial total (m) obtida a partir da diferença de leitura dos tensiômetros instalados às profundidades 0,35 e 0,45 m.

Em seguida, obteve-se a soma das densidades de fluxo diárias em períodos de 7 dias e para cada fase de desenvolvimento da cultura.

Para a determinação da demanda hídrica da aveia-preta utilizou-se a equação da conservação de massa, segundo a qual a soma algébrica dos fluxos da água num determinado volume de solo é igual à variação da quantidade de água nele armazenada, num dado intervalo de tempo (ROSE & STERN, 1967). Assim a equação do balanço de água no solo pode ser escrita como:

$$P + I + D + AC + ET + R = \Delta h_z \quad (2)$$

sendo P a precipitação (mm); I a irrigação (mm); D a drenagem interna (mm); AC a ascensão capilar (mm); ET a evapotranspiração (mm); R o deflúvio superficial (mm) e  $\Delta h_z$  a variação da armazenagem de água (mm).

Os dados foram analisados de acordo com a estatística descritiva verificando se os dados seguem uma distribuição normal e em seguida para descrição da variabilidade espacial dos dados, foram gerados semivariogramas usando-se o programa GS+ (Gamma Design Software, 2004). A escolha do modelo teórico foi feita dentro de cada fase fenológica das culturas, observando-se o modelo que melhor se ajustou à distribuição dos dados, ou seja, se baseou na menor soma de quadrado de resíduos (RSS) e maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

Os modelos ajustados apresentam os seguintes parâmetros: patamar, o qual representa o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, ou seja, deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras; alcance, que é o raio de dependência espacial entre os elementos amostrais; e efeito pepita ( $C_0$ ) o qual revela a descontinuidade do semivariograma perto da origem, a distâncias menores que aquela amostrada. Além disso, por meio da validação cruzada, teste realizado para se verificar a confiabilidade do semivariograma, escolheu-se o modelo final que representou o ajuste, bem como dos valores estimados pela krigagem. Na sua análise, cada ponto contido dentro do domínio espacial é removido individualmente, sendo seu valor estimado como se ele não existisse. Dessa forma, pode-se construir um gráfico de valores estimados versus observados, para todos os pontos. O coeficiente de correlação ( $r$ ) entre tais valores reflete a eficiência do ajuste, dado pela técnica da soma dos quadrados dos desvios, representando a equação de regressão linear em questão. Um ajuste perfeito teria coeficiente de regressão igual a 1 e a linha do melhor ajuste coincidiria com o modelo perfeito, isto é, com o coeficiente linear igual a zero e o angular igual a 1 (Gamma Design Software, 2004).

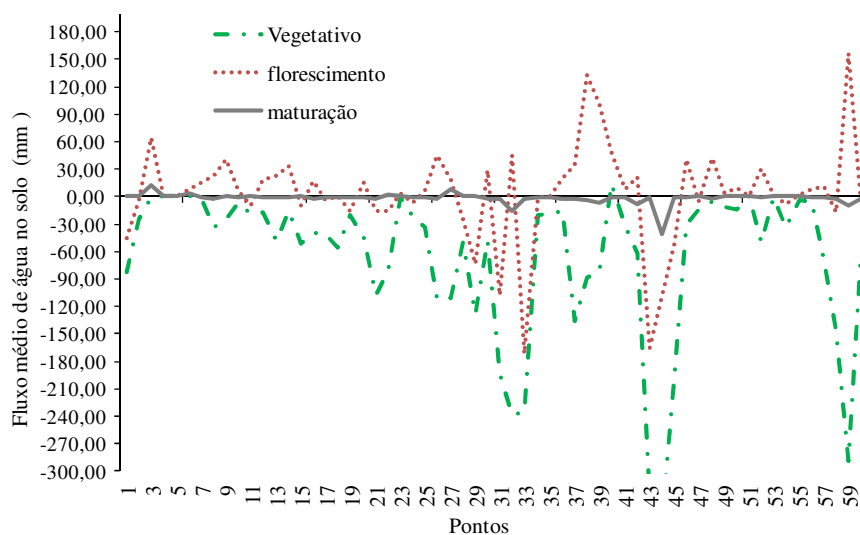
Para identificar o grau de dependência espacial (GD) utilizou-se a classificação proposta por Zimback (2001):  $GD \leq 0,25$  a variável georreferenciada tem fraca dependência espacial; se  $0,25 < GD \leq 0,75$ , a variável georreferenciada tem moderada dependência espacial; se  $0,75 < GD \leq 1,00$ , a variável georreferenciada tem forte dependência espacial.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

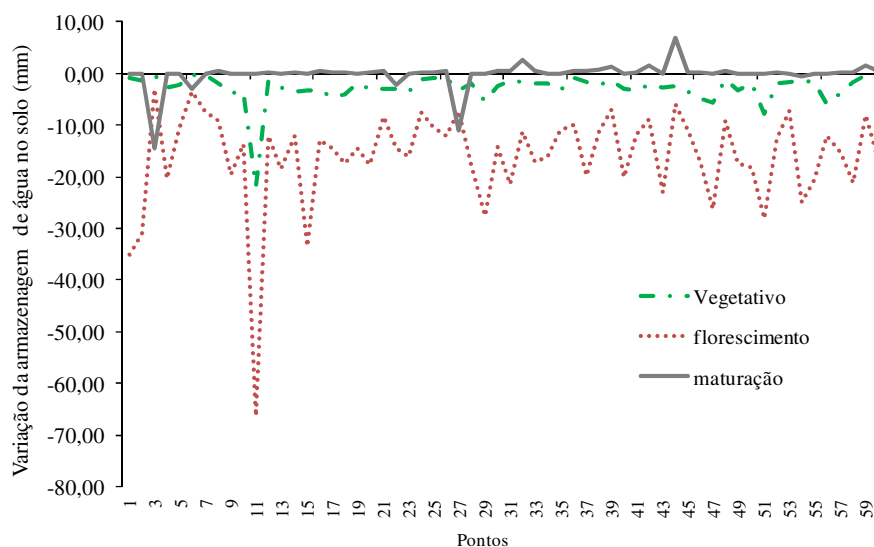
A variabilidade espacial do fluxo de água e variação da armazenagem de água no solo (Figuras 1 e 2) na profundidade de 0,40 m é maior durante a fase vegetativa e de florescimento, com pontos apresentando picos de ascensão capilar mais acentuados durante o florescimento da cultura e pouca variação de movimento de água na fase de maturação, sendo o mesmo comportamento observado para a variação da armazenagem de água no solo.

Para o sistema de cultivo dessa forrageira, adotado no presente experimento, com um ciclo de produção de forragem de aproximadamente 70 dias, o consumo de água pela planta foi de cerca de 220 mm (Figura 3), com uma média de consumo diário da ordem de 1,2, 2,5 e 0,2 mm respectivamente no período vegetativo, no florescimento e na maturação (Figura 4). Valores de pico dessa demanda foram observados (Figura 5), respectivamente, aos 15 DAE (dias após emergência) provavelmente devido ao alto volume precipitado (70 mm) nesse período e aos 36 DAE (provavelmente devido à temperatura acima da média para a estação na região e baixa umidade relativa do ar, registrados, criando uma alta demanda evaporativa) atingindo valores da ordem de  $5,5 \text{ mm dia}^{-1}$ . A evapotranspiração atinge os valores mínimos ao se completar o florescimento das plantas (60 DAE).

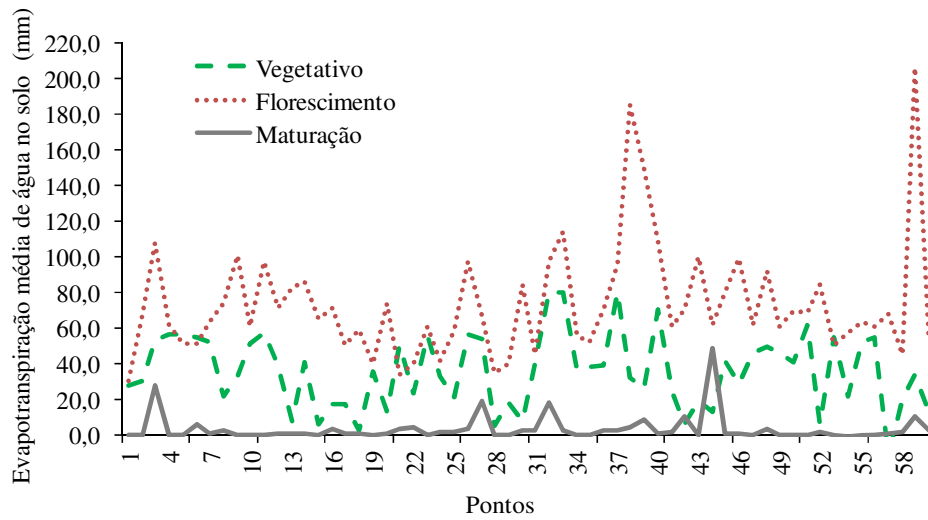
**Figura 1.** Variabilidade espacial do fluxo de água (mm) na profundidade de 0,40 m durante o ciclo de desenvolvimento da aveia-preta.



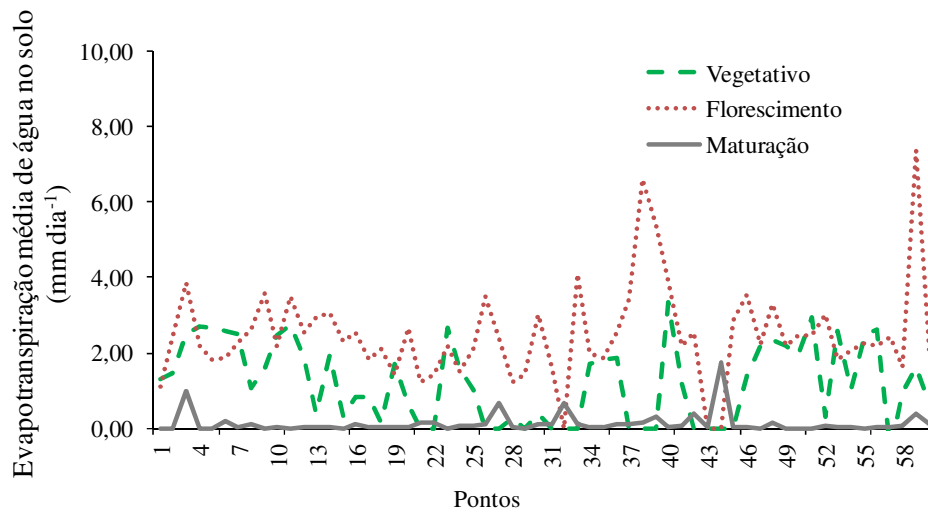
**Figura 2.** Variabilidade da variação da armazenagem de água no solo (mm) na profundidade de 0,40 m durante o ciclo de desenvolvimento da aveia-preta.



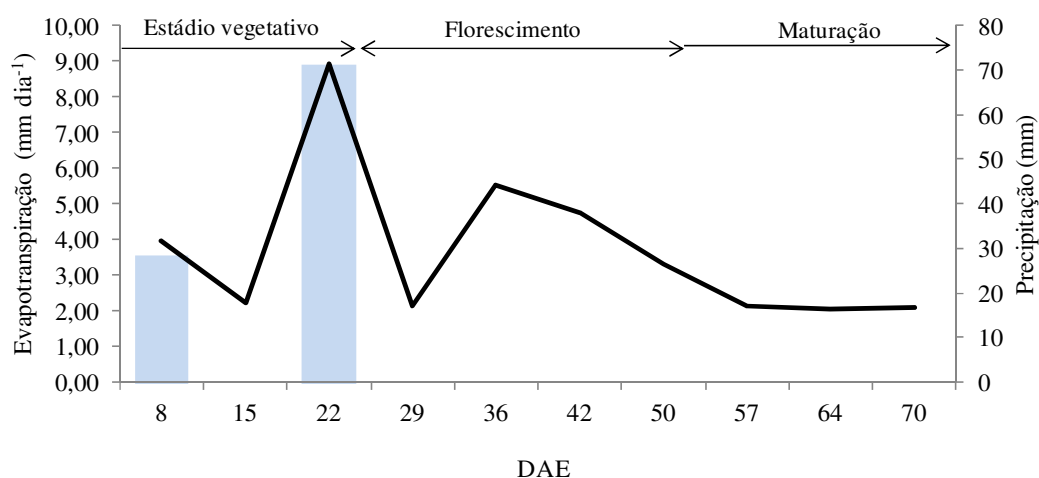
**Figura 3.** Evapotranspiração média (mm) em 60 pontos nas diferentes fases do ciclo da aveia-preta.



**Figura 4.** Evapotranspiração média diária (mm dia<sup>-1</sup>) em 60 pontos nas diferentes fases do ciclo da aveia-preta.



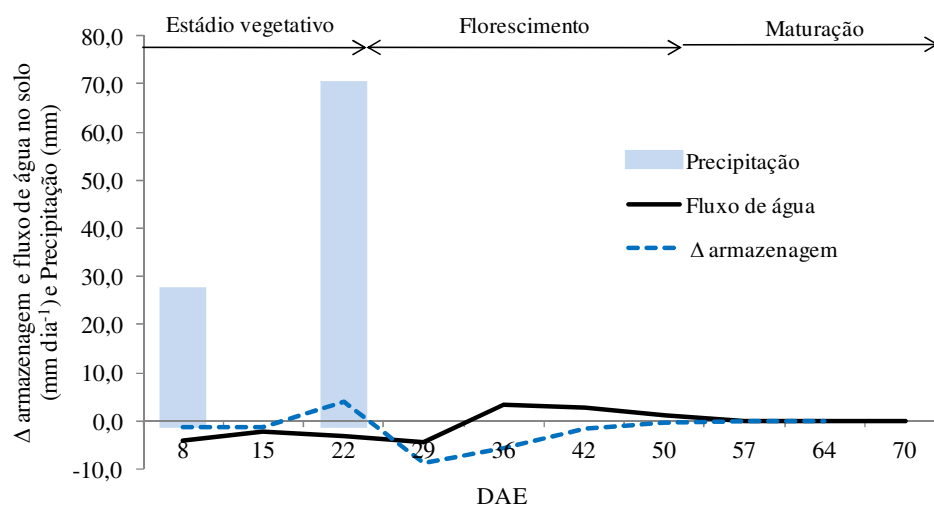
**Figura 5.** Evapotranspiração média diária ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) nas diferentes fases do ciclo da aveia-preta.



Sendo um experimento realizado em condições de disponibilidade hídrica restritiva, os valores de ET não ficaram aquém dos obtidos por Ferreira et al. (1991), que estudaram a ET da aveia em condições de irrigação. Isto foi possível devido aos valores positivos de armazenagem de água no solo observados logo após os eventos de precipitação e principalmente devido à ascensão capilar da água no solo na profundidade de 0,40 m (Figura 6). Cabe ressaltar que os resultados desta pesquisa, a qual não tinha por objetivo testar doses de adubos, e empregou apenas a dosagem de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendada para o estado de São Paulo, alcançou um valor médio de 3,1 t ha<sup>-1</sup> de MS ficando dentro da média de produção para o estado (3-8 t ha<sup>-1</sup>), porém abaixo do valor alcançado por pesquisas como de Bacchi et al. (1996) e de Primavesi et al. (2007). Ocorreram chuvas apenas no início do desenvolvimento da cultura o que garantiu o suprimento inicial de água no solo e, ao longo do ciclo da aveia-preta, a ausência de precipitações contribuiu para que a variação da armazenagem de água no solo fosse negativa especialmente na fase de florescimento (Figura 6). As plantas mostraram estar adaptadas à condição, possivelmente devido à grande quantidade de raízes explorando o solo, as quais aproveitavam melhor os nutrientes levando a uma produtividade satisfatória que pode ser afirmado pelo valor médio de eficiência do uso da água (EUA) de 1,4 kg m<sup>-3</sup>. Os valores de EUA encontrados na literatura têm grande variabilidade. Segundo Asseng et al. (2001) essa variabilidade é devida a distribuição da precipitação durante o ciclo da cultura, tipo de solo, armazenagem de água, evaporação do solo e manejo. Segundo Salvador et al. (2011) a EUA também pode ser explicada pelos valores de fluxo interno de água no solo, que no caso da presente pesquisa foram traduzidos em ascensão capilar.

Pesquisas realizadas por Silveira & Klar (2006) com o objetivo de avaliar o efeito do nível freático sobre a evapotranspiração e produção de matéria seca total de aveia em casa de vegetação, mostraram que os maiores valores de evapotranspiração e produção de matéria seca ocorreram quando o nível freático estava mais próximo da superfície do solo (0,17 m e 0,31 m).

**Figura 6.** Variação da armazenagem de água no solo ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) e fluxo de água ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) na profundidade de 0,40 m nas diferentes fases do ciclo da aveia-preta.



A dependência espacial da variabilidade da evapotranspiração e do fluxo de água no solo considerando uma profundidade de 0,40 m durante o florescimento da aveia-preta foi estabelecida usando semivariogramas isotrópicos e para se verificar sua confiabilidade, realizou-se o teste da validação cruzada. Os modelos selecionados com os respectivos parâmetros de ajuste e o grau de dependência espacial (GD) podem ser visualizados na Tabela 1. O GD foi médio para o fluxo de água e alto para ET, sendo classificados com média e forte dependência espacial segundo Zimback (2001). Com isso é possível constatar forte estrutura de dependência espacial para ambas as variáveis estudadas. Os valores do alcance teórico dos modelos obtidos para a evapotranspiração e fluxo de água, separados por uma distância superior a 3,2 m e 21,3 m, respectivamente, são independentes entre si. Os valores de coeficiente angular e linear foram considerados satisfatórios. Assim sendo, buscou-se uma melhor combinação de valores dos parâmetros da validação cruzada para se proceder à escolha do melhor semivariograma.

**Tabela 1.** Semivariogramas ajustados para evapotranspiração (ET) e fluxo de água no solo ( $q$ ) com os respectivos parâmetros de ajuste.

Variável	Modelo	$C_0$	A (m)	GD (%)	a	b	r
ET	Exponencial	0,03	3,2	89	0,46	0,74	0,30
$q$	Esférico	0,11	21,3	57	0,24	0,80	0,38

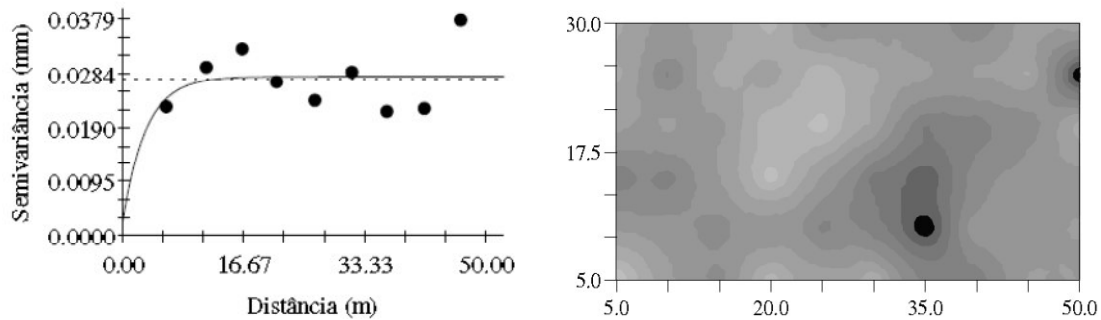
$C_0$ : efeito pepita; A: alcance; GD: grau de dependência espacial; Parâmetros da validação cruzada: a=coeficiente linear, b=coeficiente angular e r=coeficiente de correlação.

Os mapas de krigagem da evapotranspiração e fluxo de água (drenagem interna/ascensão capilar da água no solo) durante o estágio de florescimento da aveia-preta na profundidade de 0,40 m estão nas Figuras 7 e 8, respectivamente. Analisando os mapas em conjunto, nota-se que os locais onde a ET foi maior, coincidiu com aqueles de ocorrência de ascensão capilar (AC) (valores positivos de fluxo), ou seja, fluxo ascendente de água no solo, chegando a valores de 150 mm durante esta fase, indicando a utilização da água pela cultura durante o período de maior necessidade hídrica. Outro detalhe é que as áreas com maiores

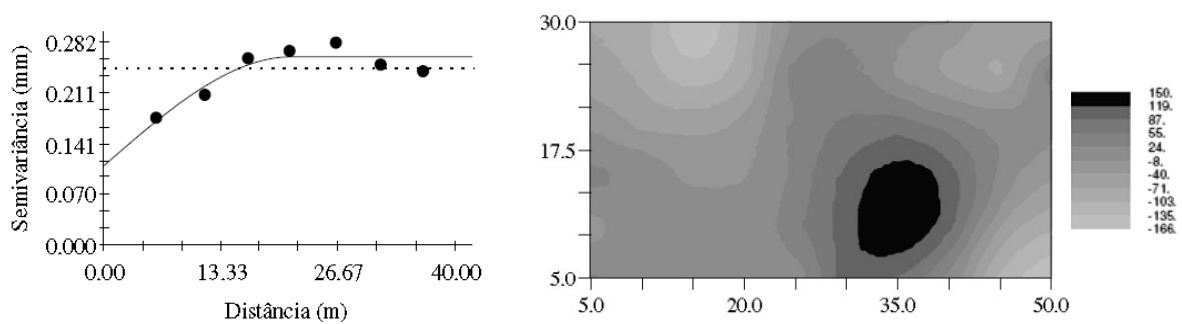


valores de ET e ocorrência de AC ocupam a maior porção da área experimental. Com isso, obteve-se um alto coeficiente de correlação ( $p > 0,01$ ) para ET e fluxo de água no estágio de florescimento da cultura (Figura 9).

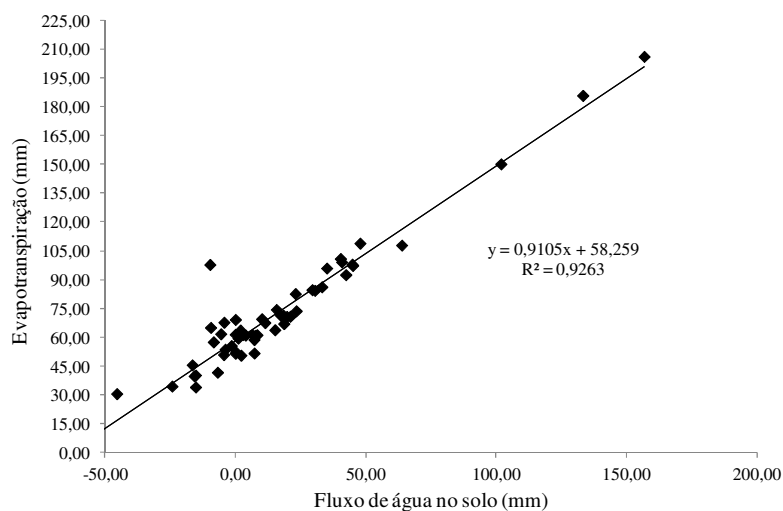
**Figura 7.** Semivariograma e representação da evapotranspiração média (mm) durante o estágio de florescimento da aveia-preta.



**Figura 8.** Semivariograma e representação do fluxo de água no solo (mm) durante o estágio de florescimento da aveia-preta. Valores positivos de fluxo representam a ascensão capilar (+AC) e valores negativos, a drenagem interna (-D).



**Figura 9.** Correlação para evapotranspiração (mm) e fluxo de água no solo (mm) durante o estágio de florescimento da aveia-preta.



## 6 CONCLUSÕES

A variação do fluxo de água no solo foi mais acentuada durante a fase vegetativa e de florescimento, com pontos apresentando picos de AC mais acentuados durante o florescimento da cultura.

O valor máximo de ET foi 5,5 mm dia<sup>-1</sup> no florescimento, mostrando equivalência com dados de experimentos irrigados.

A dependência espacial da variabilidade da ET e fluxo de água no solo foi detectada, porém com maior alcance para ET.

O padrão de variabilidade espacial da ET e fluxo de água no solo mostrou que locais com maiores valores de ET também coincidiam com a ocorrência de AC no estágio de florescimento da cultura.

A produção de matéria seca foi de 3,1 t ha<sup>-1</sup> ficando dentro da média de produção para o estado de São Paulo.

A capacidade produtiva de MS da aveia-preta, quando cultivada sob condições de sequeiro na região de Piracicaba-SP ficou no limite mínimo da recomendada para o estado de São Paulo, sugerindo-se que um experimento utilizando dose maior de nitrogênio seja realizado para verificar se há aumento da produção de MS mesmo com as restrições hídricas locais.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSENG, S.; TURNER, N. C.; KEATING, B. A. Analysis of water and nitrogen use efficiency of wheat in a Mediterranean climate. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 233, p. 127-143, 2001.

BACCHI, O. O. S; GODOY, R; FANTE Jr, L; REICHARDT, K. Balanço hídrico em cultura de aveia forrageira de inverno na região de São Carlos-SP. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 172-178, 1996.

BRITO, A. S. **Variabilidade espacial da condutividade hidráulica e da permeabilidade ao ar em função dos conteúdos de água e ar no solo**. 2010. 143p. Tese - (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. Z. Manejo do solo em coberturas verde de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FEROLLA, F. S.; VÁSQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; VIANA, A. P.; DOMINGUES, F. N.; AGUIAR, R. S. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1512-1517, 2007.

FERREIRA, E. J.; BERNARDO, S.; SEDIYAMA, G. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. do; SOARES, A. A. Evapotranspiration (ETc) and crop coefficient (kc) of irrigated black oats (*Avena strigosa*, Schreb). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, n. 215, p. 25-35, 1991.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **Geostatistics for environmental sciences** 7.ed. Michigan, Plainwell, Gamma Design Software, 2004. 159p.

GODOY, R.; BATISTA, L. A. R. Avaliação de germoplasma de aveia forrageira em São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 235-242, 1992.

LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Simple field methods for estimating soil hydraulic conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 3-7. 1980.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. São Paulo, EDUSP, 2012. 352p.

PEREIRA, A. R.; FERRAZ, E. S.; REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L. **Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados de Lins e Marília**. CENA/USP, Piracicaba, SP. 1974, Boletim Científico-014.

PRIMAVESI, O.; GODOY, R.; SOUZA, F. H. D. de. **Avaliação de genótipos e recomendação de cultivares de aveia para cobertura de solo, para a região central do Estado de São Paulo, no ano de 2008**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 4p. (Embrapa Pecuária Sudeste- Comunicado Técnico 82).

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A. M. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RANGEL, M. A. S.; MARANHO, E.; OLIVEIRA SILVA, F. de. **Manejo da aveia preta em sistema de produção agropecuário integrado**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 19p. (Embrapa Agropecuária Oeste - Boletim de Pesquisa e desenvolvimento 13).

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. de A.; COAN, O.; RESENDE, K. T. de. Efeitos de diferentes épocas de colheita sobre a produção de forragem e de sementes de aveia-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 111-117, 1992.

ROSE, C. W.; STERN, W. R. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as a function of depth and time. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 5, p. 11-19, 1967.

SALVADOR, M. M. S.; LIBARDI, P. L.; FERNANDES, F. C. S. **Eficiência do uso da água e componentes do balanço hídrico do milho em solo sob implantação do sistema plantio direto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia: Anais do XXXIII CBCS, Uberlândia, 2011.

SANTOS, H. P. dos. Efeitos de sistemas de cultivo sobre rendimento de grãos e outras características agrônômicas da aveia-preta e da aveia-branca, em rotação com trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 709-714, 1991.

SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E. Produção de matéria seca e evapotranspiração real da aveia preta (*Avena strigosa* s.) em seis níveis freáticos. **Irriga**, Botucatu, v.6, n.2, 2001. Disponível em < <http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=64&layout=abstract> > Acesso em: 19/03/2012.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 9.ed. Washington, DC, United States Department of Agriculture (USDA) - Natural Resources Conservation Service, 2003. 332p.

TRANI, P. E.; BULISANI, E. A.; BRAGA, N. R. **Adubação verde**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1989. 13p. (Boletim Técnico, 197).

VACHAUD, G.; TEHEL, J.; ROYER, J. M.; BOLCATO, R. **Contrôle automatique in situ des transferts d'eau dans la zone non saturée**. In: Symposium on Isotope and Radiation Technique in Soil Physics, Irrigation and Drainage as Related to Crop Production. IAEA, Vienne, 1-5: October, 1973.

WATSON, K. K. An instantaneous profile method for determining the hydraulic conductivity of unsaturated porous materials. **Water Resources Research**, Washington, v. 2, n. 4, p. 709-715, 1966.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114p. Tese Livre-Docência - FCA/UNESP: Botucatu, 2001.