

BALANÇO HÍDRICO EM CULTURAS DE TRIGO EM SEMEADURA CONVENCIONAL  
E EM PLANTIO DIRETO<sup>1,2</sup>

LUIZ ROBERTO ANGELOCCI<sup>3</sup>, SIDNEIDE MANFREDINI<sup>4</sup>, JOSÉ GUILHERME DE FREITAS<sup>5</sup>, ANTONIO WILSON PENTEADO FERREIRA FILHO<sup>5</sup> e MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO<sup>6</sup>.

RESUMO - Durante a época de cultivo de trigo, nos anos de 1978 e 1980, foram realizados balanços hídricos em culturas em plantio direto e em plantio convencional, em Latossolo Roxo, na Região de Assis (SP). As perdas por deflúvio superficial, medidas no ano de 1978, mostraram-se desprezíveis, em face da declividade e intensidade das chuvas serem pequenas. A evapotranspiração acumulada foi cerca de 6% maior no plantio direto em relação ao convencional, em ambos os anos, ressaltando-se que essa porcentagem está dentro do valor de erros cometidos na determinação do balanço hídrico. A quantidade de água disponível no solo foi em todo o período experimental, maior no plantio direto em relação ao convencional, em ambos os anos. No ano de 1978, a produtividade no plantio convencional equivaleu a cerca de 60% da produtividade no plantio direto e essa diferença pode ter sido devida, em parte, a maior deficiência hídrica provavelmente sofrida pelo plantio convencional, devido a maior quantidade de água disponível no solo, no período de final de perfilhamento e

- 
2. Trabalho realizado em parte com recursos do Convênio Coop. do Vale do Paranapanema/IAC/SAA.
  3. Professor Assistente, Departamento de Física e Meteorologia ESALQ/USP, Bolsista do CNPq. Cx.P. 9, CEP.13400, Piracicaba (SP)
  4. Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Seção de Pedologia - Instituto Agrônomo, Bolsista do CNPq. Cx.P. 28, CEP.13100 - Campinas (SP).
  5. Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Seção de Arroz e Cereais de Inverno. Instituto Agrônomo. Campinas. Escritório Regional do IAC. CEP 19800 Assis (SP).
  6. Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Seção de Climatologia Agrícola. IAC. Bolsista do CNPq. Caixa Postal 28, CEP 13100 - Campinas (SP).

início da formação de espigas. Os efeitos do manejo do solo sobre a produtividade, no ano de 1980, não puderam ser avaliados, por terem sido mascarados por ocorrência de ferrugem nas culturas.

## FIELD WATER BALANCE IN WHEAT CROPS UNDER CONVENTIONAL AND NO TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT - Field water balances in wheat crops under conventional and no tillage systems were performed for the Assis region (São Paulo State, Brasil), in a Red Latosol. Because of the small slope of soil and the small rain intensities, measurements of run-off in 1978 showed negligible values. The total evapotranspiration for the period of observations was about 6% higher in the no-tillage than in the conventional system in both years, this difference being within the range of expected errors in the water balance determinations. The available water content in the soil during the experimental period was always higher in the no-tillage than in the conventional tillage. In the first year of observations, the productivity of the conventional system was about 60% that of the no-tillage system. This drop in productivity may be partially explained by the fact that a higher water deficit probably occurred in the conventional tillage than in the no-tillage system, due to the smaller available soil water content at the end of the tillering and at spike initiation. The effects of soil tillage systems on productivity in 1980 were not assessed because of the occurrence of the wheat rust disease.

## INTRODUÇÃO

Introduzido no Brasil há pouco mais de dez anos, o plantio direto vem gradualmente firmando-se como prática em sistemas de produção que envolvem rotação de culturas, uma vez que a economia de tempo, representada pela eliminação das operações de aração e gradeação, concorre para compatibilizar a exploração dupla de uma mesma gleba durante o ano agrícola.

Além de propiciar economia de tempo, de mão de obra, de combustível e de maquinário, o plantio direto tem-se destacado como prática conservacionista das mais eficientes. Resultados de pesquisa como os desenvolvidos por BENATTI *et al* (1977), ELTZ *et al* (1977), TRIPLETT *et al* (1978) e WUNSCHE & DENARDINI (1978) evidenciam as vantagens do plantio direto sobre o convencional, no que se refere ao controle de perdas de solo por erosão. Pode-se constatar que, dependendo das características do solo, do relevo, e da cobertura vegetal, as perdas de solo no sistema de plantio direto podem representar menos 5% das perdas observadas no sistema de plantio convencional.

Menos evidentes, entretanto, são as vantagens oferecidas pelo plantio direto em relação a conservação da água. De forma geral, tem-se verificado que tal tipo de plantio introduz um aumento nas perdas de água por escoamento superficial quando comparadas com aquelas observadas no plantio convencional (VIEIRA, 1981).

Esse aumento nas perdas de água por escoamento superficial está associado ao encrostamento da camada superficial do solo e conseqüente redução nas taxas de infiltração. Sua intensidade, portanto, será determinada, por um lado, pela suscetibilidade do solo à formação de crostas e, por outro lado, pelos fatores que regulam a intensidade das enxurradas, como intensidade de chuva, declividade, natureza da cobertura vegetal e presença de cobertura morta.

De outra parte, a crosta superficial e a cobertura morta exercem uma influência benéfica no que se refere à conservação de água no interior do solo, restringindo as perdas por evaporação. Tal efeito é discutido por BLEVINS *et al* (1971) e LAL (1974), tendo sido constatada experimentalmente a maior conservação da água no plantio direto com trigo e em solo com restos de cultura ou não (GAUER *et al* 1982) e em soja (SIDIRAS *et al* 1983). LAL *et al* (1978) verificaram uma maior eficiência de uso da água para milho e vigna em plantio direto em comparação ao plantio convencional.

A eventual vantagem do plantio direto no tocante à conservação da água, será definida, assim, pelas condições edafoclimáticas em que ele for inserido. Para culturas como o trigo,

conduzidas no inverno e sujeitas, nas condições do Estado de São Paulo, a chuvas de menor intensidade e a ocorrência de verânicos, é de se esperar que o efeito benéfico da redução nas perdas de água por evaporação se sobreponha à redução nas taxas de infiltração, fazendo com que o armazenamento da água no solo submetido ao sistema de plantio direto seja maior do que no plantio convencional.

O presente trabalho teve como objetivo verificar os componentes do balanço hídrico, especialmente o armazenamento e a evapotranspiração, em culturas de trigo em plantio direto e em plantio convencional, crescendo em condições edafo-climáticas características da região produtora de trigo do Estado de São Paulo, visando contribuir ao conhecimento da economia de água nos dois sistemas de plantio.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Assis (SP), em Latossolo Roxo com os seguintes valores médios para granulometria, na camada de 0 a 60 cm de profundidade: argila 80,0%, limo 13,5% e areias 6,5%. As determinações foram realizadas no período de cultivo do trigo nos anos de 1978 e 1980, em talhões utilizados para rotação com cultura de soja.

Em cada ano, foram usados dois talhões, num dos quais o plantio foi realizado de forma convencional, com movimentação do solo (aração e duas gradeações), enquanto no outro talhão foi utilizado plantio direto, sem movimentação do solo e com controle químico de ervas daninhas. A variedade de trigo usada foi BII-1146.

O balanço hídrico foi determinado através de estimativas e medidas dos seus fluxos componentes, utilizando-se a seguinte equação geral, integrada no intervalo de tempo considerado:

$$\pm \Delta A = P \pm D - R - E \dots\dots\dots(1)$$

onde:

- $\Delta A$  = variação no armazenamento da água no perfil do solo (até a profundidade de 1,05 m);
- P = precipitação pluvial;
- D = fluxos verticais no perfil do solo (drenagem para as camadas mais profundas, se negativa, e ascensão capilar, se positiva);
- R = escoamento superficial;
- E = evapotranspiração

A variação no armazenamento da água no solo foi calculada a partir de perfis de umidade determinados uma vez por semana no ano de 1978 e duas vezes por semana no ano de 1980. A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico, com amostras coletadas até 150 cm de profundidade a intervalos de 15 cm e 3 repetições por talhão. A densidade global do solo, para o cálculo da umidade com base em volume, foi determinada no final de cada ciclo das culturas, através de uso de anel volumétrico.

A precipitação pluvial foi medida através de pluviômetro instalado em estação agrometeorológica situada junto aos talhões experimentais.

Os fluxos verticais no perfil do solo foram estimados através da equação de Darcy aplicada ao fluxo geral de água no solo:

$$q = - K(\theta) \frac{d\Psi}{dz} \dots\dots\dots (2)$$

onde:

q = fluxo de água que passa verticalmente pela camada limite considerada, drenando para camadas mais profundas, ou em ascensão destas para o volume de solo considerado;

K( $\theta$ ) = condutividade hidráulica do solo na camada limite, em função da umidade ( $\theta$ ) do solo;

d $\Psi$ /dz = gradiente médio do potencial da água no solo na camada limite e nos períodos considerados.

A relação K versus  $\theta$  foi determinada para cinco cama-

das do solo (0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-105 cm) através do método proposto por HILLEL *et al* (1972), em áreas de 10 x 10 m dentro de cada talhão. O gradiente de potencial da água, tanto no estabelecimento dessa relação, como na estimativa dos fluxos verticais de água no perfil de solo no ano de 1978, foi determinado com auxílio de tensiômetros para medida do potencial matricial da água no solo, enquanto que na estimativa dos valores no ano de 1980, o potencial matricial foi calculado através da umidade do solo, pelo uso de curva característica da água, determinada através de funis e de placa de Richards com, amostras indeformadas.

Os limites da faixa de água disponível no solo foram adotados com base na curva de infiltração da água no solo, obtidas na determinação da relação  $K$  versus  $\theta$ , e nas curvas de retenção da água, para cada camada considerada. A umidade no limite superior da faixa de água disponível foi considerada como sendo aquela em que a taxa de fluxo de drenagem de água no solo tornou-se desprezível, após o mesmo ter sido saturado anteriormente, enquanto que a umidade no limite inferior foi adotada como sendo aquela correspondente ao potencial matricial da água do solo igual a -15 atm.

O escoamento superficial foi medido no ano de 1978 através de coletores de modelo ligeiramente modificado em relação ao proposto por LOMBARDI NETO & ARRUDA (1976), sendo instalado um coletor em cada talhão, com área de captação igual a 1,0 m<sup>2</sup>. Devido a pequena declividade de solo e ao tipo de cobertura vegetal, o escoamento superficial medido foi desprezível em relação a outros fluxos componentes do balanço hídrico, como mostrar-se-á nos resultados, de modo que sua medida não foi efetuada no ano de 1980.

A evapotranspiração foi estimada através da resolução da equação (1) após calculados os demais fluxos componentes do balanço hídrico em cada período.

No ano de 1980 foram feitas determinações de peso seco da parte aérea das plantas, pela secagem a 65 - 70°C de 30 plantas de cada tratamento, enquanto que nos dois anos do experimento foram determinados o número de plantas e de perfilhos

por unidade de área de terreno.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 1 e 2 mostram o balanço hídrico detalhado para os dois tipos de cultivo nos anos de 1978 e 1980, respectivamente, a intervalos variando de 7 a 11 dias. Verifica-se que nos dois anos houve uma evapotranspiração acumulada, durante o ciclo, ligeiramente superior no plantio direto em relação ao plantio convencional. Observa-se também que o deflúvio superficial, medido no ano de 1978, foi desprezível em relação aos demais componentes do balanço hídrico em ambos os tratamentos em face da declividade do terreno e intensidade de precipitação serem pequenas.

As Figuras 1 e 2 mostram a variação da evapotranspiração (média diária em cada período e acumulada) e a variação da água disponível no solo até a profundidade de 105 cm, nos dois tipos de plantio, durante o período de observações em cada ano. São indicadas, também, as alturas pluviométricas, bem como o início e o final de alguns estádios fenológicos de interesse, sendo que no ano de 1980 indica-se somente uma duração média estimada de cada estágio, para ambos os tipos de plantio, devido a falta de observações completas nesse sentido.

As citadas figuras mostram também os valores de evaporação média de tanque GGI-3000 para cada período de observação, como parâmetro indicativo da demanda evaporativa da atmosfera. A não indicação da evaporação em um período no ano de 1978 e em dois períodos no ano de 1980 é decorrente da não observação desse parâmetro na maior parte dos dias com precipitação pluvial, em períodos excessivamente chuvosos.

Observa-se que o regime pluviométrico nos dois anos caracterizou-se por uma concentração de dias chuvosos no período de formação de espigas, fato este mais acentuado no ano de 1978, no qual cerca de 77% da altura pluviométrica ocorreu entre 50 a 60 dias após o início da emergência. Já no ano de 1980, embora com índice pluviométrico menor, as chuvas no intervalo compreendido entre 40 a 50 dias após o início da emergência

QUADRO 1. Valores dos componentes do balanço hídrico em culturas de trigo em cultivo convencional e em direto, no ano de 1978, sendo: P = precipitação pluvial; R = deflúvio superficial; Q = drenagem interna;  $\Delta A$  = variação no armazenamento; E = evapotranspiração total do período;  $E_m$  = evapotranspiração diária média.

PERÍODO	P (mm)	+ Convencional +					+ Direto +				
		R (mm)	Q (mm)	$\Delta A$ (mm)	E (mm)	$E_m$ (mm/dia)	R (mm)	Q (mm)	$\Delta A$ (mm)	E (mm)	$E_m$ (mm/dia)
06/06 - 12/06	15,3	0,0	0,0	+ 8,0	7,3	1,04	0,0	0,0	+ 7,1	8,2	1,17
13/06 - 19/06	0,0	0,0	0,0	-18,8	18,8	2,69	0,0	0,0	-16,8	16,8	2,40
20/06 - 26/06	0,0	0,0	0,0	- 3,5	3,5	0,50	0,0	0,0	- 3,0	3,0	0,43
27/06 - 03/07	0,0	0,0	0,0	-10,0	10,0	1,43	0,0	0,0	-14,0	14,0	2,00
04/07 - 10/07	0,0	0,0	0,0	- 9,0	9,0	1,29	0,0	0,0	- 8,0	8,0	1,14
11/07 - 17/07	79,6	3,2	0,0	+73,0	3,4	0,49	0,0	0,0	+76,0	3,6	0,51
18/07 - 24/07	80,7	4,8	-65,0	+ 3,0	7,4	1,06	0,2	-64,6	- 1,7	17,6	2,51
25/07 - 31/07	0,0	0,0	- 7,6	-35,0	27,4	3,91	0,0	- 3,2	-30,5	27,3	3,90
01/08 - 07/08	0,0	0,0	0,0	-23,0	23,0	3,29	0,0	0,0	-23,0	23,0	3,29
08/08 - 14/08	0,0	0,0	0,0	-14,0	14,0	2,00	0,0	0,0	-11,0	11,0	1,57
15/08 - 21/08	6,3	0,0	0,0	- 1,7	8,0	1,14	0,0	0,0	- 8,2	14,5	2,17
22/08 - 28/08	0,0	0,0	0,0	-18,5	18,5	2,64	0,0	0,0	-20,4	20,4	2,91
29/08 - 05/09	26,1	0,0	0,0	+16,5	9,6	1,37	1,4	0,0	+21,6	3,1	0,44
TOTAL	208,0	8,0	-73,1	-33,0	159,9	1,74	1,6	-67,8	-31,9	170,5	1,85



QUADRO 2. Valores dos componentes do balanço hídrico em culturas de trigo em cultivo convencional e em direto, no ano de 1980, sendo P = precipitação pluvial; R = deflúvio superficial; Q = drenagem interna;  $\Delta A$  = variação no armazenamento; E = evapotranspiração total do período;  $E_m$  = evapotranspiração diária média.

PERÍODO	← Convencional →						← Direto →					
	P (mm)	R (mm)	Q (mm)	$\Delta A$ (mm)	E (mm)	$E_m$ (mm/dia)	R (mm)	Q (mm)	$\Delta A$ (mm)	E (mm)	$E_m$ (mm/dia)	
16/05 - 26/05	32,2	0,0	- 7,2	- 6,1	31,1	2,83	0,0	- 0,7	+ 0,1	31,4	2,85	
27/05 - 02/06	6,0	0,0	0,0	- 2,4	8,4	1,20	0,0	- 0,7	- 0,9	6,2	0,89	
03/06 - 09/06	0,0	0,0	0,0	-10,2	10,2	1,46	0,0	0,0	-10,9	10,9	1,56	
10/06 - 16/06	2,3	0,0	0,0	-10,1	12,4	1,77	0,0	0,0	- 8,1	10,4	1,49	
17/06 - 23/06	1,8	0,0	0,0	- 3,5	5,3	0,76	0,0	0,0	- 8,5	10,3	1,47	
24/06 - 03/07	84,0	0,0	- 5,0	+49,8	29,2	2,92	0,0	-21,0	+40,5	22,5	2,25	
04/07 - 10/07	0,0	0,0	-16,5	-35,4	18,9	2,70	0,0	-11,6	-24,4	12,8	1,83	
11/07 - 21/07	0,0	0,0	- 1,8	-28,2	26,4	2,40	0,0	- 0,7	-29,7	29,0	2,64	
22/07 - 28/07	0,0	0,0	0,0	-19,2	19,2	2,74	0,0	0,0	-20,8	20,8	2,97	
29/07 - 04/08	7,0	0,0	0,0	-13,4	20,4	2,90	0,0	0,0	-19,6	26,6	3,80	
05/08 - 11/08	17,3	0,0	0,0	+12,0	5,3	0,76	0,0	0,0	+ 1,1	16,2	2,31	
12/08 - 18/08	0,0	0,0	0,0	- 9,3	9,3	1,33	0,0	0,0	-11,5	11,5	1,64	
TOTAL	150,6	0,0	-30,5	-76,0	196,1	2,06	0,0	-34,7	-92,7	208,6	2,20	

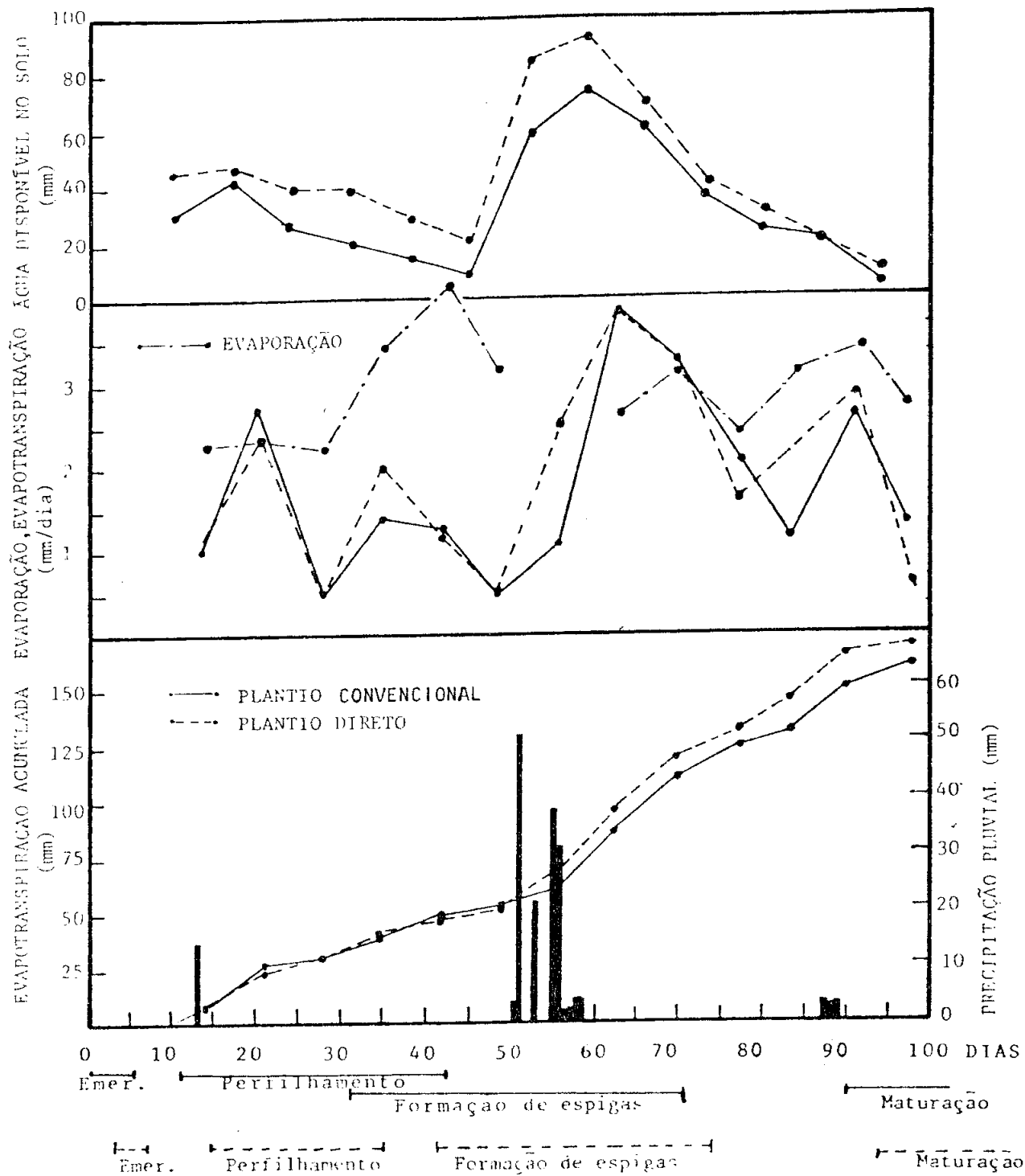


FIGURA 1. Variação durante o período experimental da evapotranspiração (acumulada e média diária), da evaporação de tanque GGI = 3000 (média diária) e da água disponível no solo nos dois tipos de plantio, no ano de 1978.

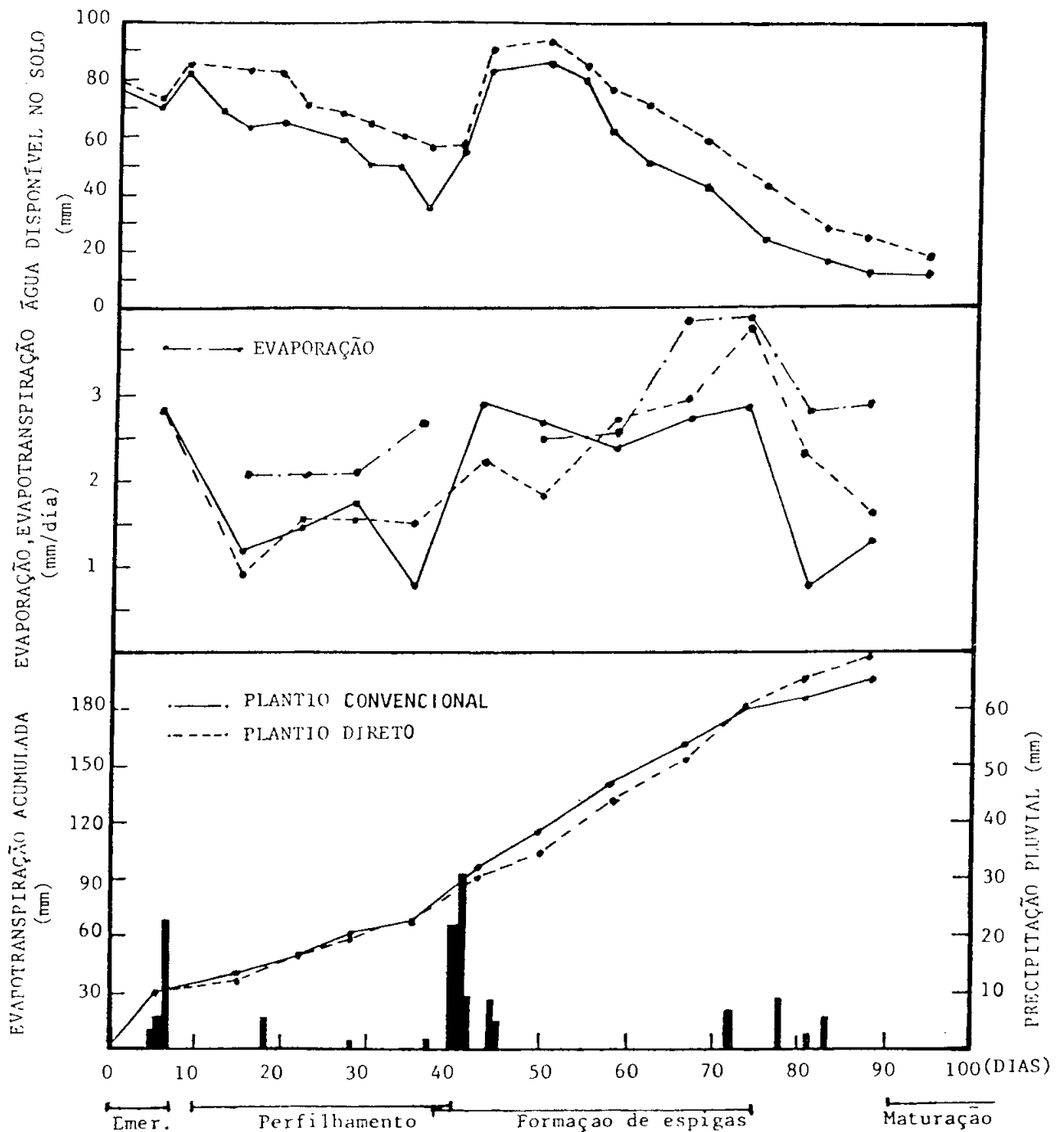


FIGURA 2. Variação durante o período experimental da evapotranspiração (acumulada e média diária), da evaporação de tanque GGI - 3000 (média diária) e da água disponível no solo nos dois tipos de plantio, no ano de 1980.

corresponderam a cerca de 56% da altura pluviométrica total do período experimental, sendo que o restante das chuvas observadas em ambos os anos ocorreram em dois períodos característicos, o primeiro correspondente ao final da emergência e o início do perfilhamento, e o segundo entre o final da formação de espigas e a maturação.

Em decorrência desse fato e das condições prevalecentes no período anterior ao início das observações, nota-se que a disponibilidade hídrica no solo apresentou flutuações acentuadamente diferentes nos dois anos, para o período compreendido entre a emergência e a fase inicial de formação de espigas.

Com efeito, além do menor valor médio de água disponível no solo na fase de emergência e de estabelecimento da cultura, aliado ao período subsequente com menor precipitação pluvial e maior número de dias sem chuva no ano de 1978 em relação a 1980, fizeram com que a água disponível no solo no primeiro ano chegasse a níveis bastante baixos, principalmente no início da formação de espigas. Já no ano de 1980, embora houvesse a tendência de diminuição do teor de água disponível, a redução chegou no máximo a cerca de 40 mm no plantio tradicional, o que representa cerca de 38% da capacidade de água disponível no solo até a profundidade de 105 cm.

Após isso, o período chuvoso subsequente fez com que a água disponível no solo aumentasse, chegando no plantio direto no ano de 1978, e ambos os plantios no ano de 1980, a atingir valores correspondentes a cerca de 90% da capacidade máxima de armazenamento, tendo provavelmente atingido em alguns dias o armazenamento máximo, já que os valores mostrados representam médias dos períodos adotados. Em vista do valor atingido no final do período crítico, a água disponível no solo no plantio convencional atingiu um valor correspondente a cerca de 78% do armazenamento máximo, embora em alguns dias essa cifra provavelmente tenha sido superada, por se tratar de valor médio do período.

As flutuações na taxa de evapotranspiração que ocorreram no período de medidas podem ser explicadas através da interação entre a água disponível no solo, a demanda evaporativa

e o grau de desenvolvimento das plantas. No ano de 1978, a demanda evaporativa média manteve-se praticamente constante até cerca de 30 dias após o início da emergência. As oscilações da taxa de evapotranspiração nesse período devem ser decorrentes principalmente da evaporação do solo, tendo o acréscimo ocorrido entre 16º e o 23º dia provavelmente devido ao umidecimento da camada superficial do solo pela chuva ocorrida no 13º dia, que permitiu um aumento da evaporação, mais acentuada no plantio convencional devido a diferença de cobertura morta do terreno.

Posteriormente, com o desenvolvimento da fase de perfilhamento e aumento da cobertura vegetal, as perdas de água por transpiração tornaram-se preponderantes e devem ter refletido bastante as relações entre a demanda evaporativa do ar afetando o comportamento estomático, e a disponibilidade de água no solo afetando a absorção pelas raízes. Observa-se que com o aumento da demanda evaporativa e da cobertura vegetal, houve tendência de aumento da evapotranspiração entre o 32º e o 38º dia, com vantagem para o plantio direto devido a maior disponibilidade hídrica no solo, mas nos períodos seguintes, mesmo com a demanda evaporativa do ar aumentada, a perda de água diminuiu, devido a acentuada restrição hídrica no solo.

No período compreendido entre o 50º e o 90º dia, com uma demanda evaporativa do ar moderada (evaporação diária do tanque GGI-3000 em torno de 3mm), a variação da evapotranspiração que deve ter refletido a variação da água disponível no solo. Na fase final de formação de espigas ocorreram os valores máximos de evapotranspiração com um valor médio para os dois tipos de plantio de 3,9 mm/dia. Ressalte-se que nessa época, os dados de evapotranspiração podem conter erros apreciáveis introduzidos nos cálculos pelos problemas inerentes à estimativa de drenagem profunda (REICHARDT *et al* 1977, REICHARDT *et al* 1979, SOUZA *et al* 1979). Efeitos de interceptação da chuva por restos de cultura no solo, no plantio direto, também podem introduzir erros nessas estimativas, embora sua magnitude não possa ser avaliada com os dados disponíveis.

Em linhas gerais o mesmo raciocínio aplicado no ano de

1980 pode explicar as variações na taxa de evapotranspiração ocorridas nesse ano.

Durante o período de observações nos dois anos a quantidade de água disponível no solo foi sempre maior no plantio direto. Conquanto na fase inicial de medidas esse fato possa ser decorrente de um efeito conjugado das condições de água no solo, anteriores a primeira medida e, em pequena parte, pela maior evaporação do solo no plantio convencional, a maior disponibilidade de água no plantio direto parece ser consequência, como comprova o período em que houve recarga do solo, das condições estruturais e propriedades físico-hídricas do mesmo, principalmente nas camadas mais superficiais. O Quadro 3, que mostra para várias profundidades a umidade do solo nos limites da faixa de água disponível e a capacidade de água disponível do mesmo, segundo os critérios adotados e discutidos anteriormente, com dados coletados após o primeiro ano de experimentação, confirma tais diferenças e mostra serem mais acentuadas nas camadas superficiais, principalmente na profundidade de 0 a 20cm.

Conquanto as diferenças sejam porcentualmente pequenas, tanto no valor do armazenamento total, como no valor médio da água disponível durante todo o período observado, como mostra o quadro 4, elas podem ser responsáveis pela maior evapotranspiração encontrada no plantio direto, sendo que no ano de 1978 a tendência da evapotranspiração, nesse tipo de plantio, suplantar a do plantio convencional firmou-se a partir do final de perfilhamento e início de formação de espigas, período em que a água disponível no solo atingiu valores reduzidos, sendo menores no plantio convencional. No ano de 1980, somente após 70 dias depois da emergência, a água disponível no solo diminuiu o suficiente para diferenciar um maior consumo no plantio direto, já que nos períodos anteriores a disponibilidade hídrica não atingiu níveis críticos.

A análise anterior deve ser complementada discutindo-se as condições de cobertura vegetal, que afetam também a evapotranspiração. No ano de 1978, o plantio convencional apresentou a média de 67,8 perfilhos por metro (C.V. = 29,5%) e o plantio direto apresentou 49,2 perfilhos por metro (C.V. = 17,1%) .

QUADRO 3. Unidades correspondentes ao ponto de "capacidade de campo" ( $\theta_{cc}$ ) e ao valor de potencial matricial da água do solo de 15 atm ( $\theta_{15atm}$ ) para diferentes faixas de profundidade do solo, com as respectivas capacidades de água disponível (CAD).

PROF. (cm)	PLANTIO DIRETO			PLANTIO CONVENCIONAL		
	$\theta_{cc}$ ( $cm^3 \cdot cm^{-3}$ )	$\theta_{15atm}$ ( $cm^3 \cdot cm^{-3}$ )	CAD (mm)	$\theta_{cc}$ ( $cm^3 \cdot cm^{-3}$ )	$\theta_{15atm}$ ( $cm^3 \cdot cm^{-3}$ )	CAD (mm)
0 - 20	0,425	0,321	20,8	0,350	0,285	13,0
20 - 40	0,401	0,305	19,2	0,385	0,310	15,0
40 - 60	0,400	0,305	19,0	0,420	0,320	20,0
60 - 80	0,375	0,290	17,0	0,395	0,290	21,0
80 - 105	0,390	0,278	28,0	0,396	0,290	26,5
	TOTAL		104,0	TOTAL		95,5

QUADRO 4. Quantidade média de água disponível no solo para o período de observações nos anos de 1978 e 1980, com as respectivas diferenças médias e desvio-padrão das diferenças.

	1978	1980
Plantio direto	42,8 mm	67,6 mm
Plantio tradicional	31,8 mm	55,4 mm
Diferença média	11,0 mm	12,2 mm
Desvio-padrão	8,0 mm	6,1 mm

No ano de 1980, o plantio convencional apresentou a média de 25,0 perfilhos por metro (C.V. = 19,1%) e o plantio direto a de 37,4 perfilhos por metro (C.V. = 27,3%).

Verifica-se, então, que houve diferenças acentuadas na densidade de perfilhos por unidade de área entre os diferentes tipos de plantio em cada ano, e entre os diferentes anos. As diferenças desse parâmetro dentro de cada ano não se refletiram em diferenças acentuadas na evapotranspiração média de cada tipo de plantio, sendo que o plantio direto apresentou em média cerca de 6,5% a mais de consumo de água em ambos os anos, independente do fato de no ano de 1978 ter apresentado número menor de perfilhos por metro em relação ao convencional e o inverso no ano de 1980.

Entre os dois anos, observa-se que a evapotranspiração para o período inteiro de medidas foi, em média, cerca de 18,6% maior (considerando ambos os tipos de plantio) no ano de 1980 do que no ano de 1979, em que pese naquele ano ter havido um menor número de perfilhos por unidade de área. Em vista do que se discutiu quanto aos dados de água disponível no solo e de número de perfilhos, é possível inferir que o maior consumo hídrico em 1980 foi devido principalmente ao menor déficit hídrico a que estiveram submetidos os plantios nesse ano, em relação a 1978. Do mesmo modo, a causa de maior consumo de água no plantio direto em ambos os anos pode ser creditada a menor deficiência hídrica no solo observada nesse tipo de plantio durante todo o período experimental.

No ano de 1978, a produtividade foi de 1350 kg/ha no plantio direto e de 780 kg/ha no plantio convencional. É significativo notar-se que nesse ano o número de perfilhos por metro foi menor no plantio direto. Embora uma discussão adequada sobre os fatores que afetaram a produtividade exija dados de análise de crescimento não disponíveis, é possível sugerir que a maior produtividade no plantio direto tenha como uma das causas a menor deficiência hídrica sofrida por este tipo de manejo no período entre 30 e 50 dias após a emergência, correspondente ao final do perfilhamento e início de formação de espigas. KIRKHAM E KANEMASU (1983) afirmam, com base nas informações encon-



tradas na literatura, que o estresse hídrico no início da formação da espiga causa a maior redução na produção, sendo o estágio mais sensível aquele de cerca de 15 dias antes da antese. Défices hídricos no final do perfilhamento e início da elongação também são críticos, já que nesse período está sendo determinado o número total de espigas e o número potencial de sementes (DOORENBOS & KASSAN, 1979).

No ano de 1980, a ocorrência de ferrugem reduziu sensivelmente a produção (645 kg/ha no plantio direto e 347 kg/ha no plantio convencional) mascarando os efeitos de manejo do solo e não permitindo uma discussão adequada sobre as causas das diferenças na produção encontradas entre os tratamentos e em relação ao ano de 1978.

### CONCLUSÕES

Os dados obtidos permitem concluir que a evapotranspiração acumulada no período experimental foi ligeiramente superior no plantio direto em relação ao plantio convencional, embora as diferenças observadas estejam dentro dos valores de erros cometido na estimativa desse parâmetro através do balanço hídrico no campo.

O plantio direto apresentou nos dois anos, valores médios de água disponível no solo maiores do que o plantio convencional em todo o período experimental. No ano de 1978, no qual é permitida a análise dos efeitos do manejo sobre a produção, a maior produtividade no plantio direto pode ter sido, em grande parte, consequência do menor déficit hídrico sofrido pelo trigo nesse tratamento, na época de final de perfilhamento e início da formação de espigas.

### AGRADECIMENTOS

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Dorival Finotti, da Fazenda Canadá, Assis (SP), pela inestimável colaboração e pelas facilidades oferecidas no desenvolvimento da parte experimental deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BENATTI, JR.R.; BERTONI, J. & MOREIRA, C.A. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 1 121-3. 1977.
- BLEVINS, R.L.; COOK, D.; PHILLIPS, S.H. & PHILLIPS, R.E. Influence of no-tillage on soil moisture. Agron. J., 63(4):593-6. 1971.
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. 1979. Yield response to water. Roma, FAO. 197p. (FAO - Irrigation and Drainage Paper, 33).
- ELTZ, F.L.P.; COGO, N.P.; MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo laterítico bruno avermelhado distrófico (São Jeronimo). I. Resultados do primeiro ano. R. Bras. Ci. Solo, 1:123-127. 1977.
- GAUER, E.; SHAYKEWICH, C.F. & STOBBE, E.H. Soil temperature and soil water under zero tillage in Manitoba. Can. J. Soil Sci. 62:311-25. 1982.
- HILLEL, D.; KRENTOS, V.D. & STYLIANOU, Y. Procedure and test of an internal method for measuring soil hydraulic conductivity in situ. Soil Sci. 114:395-400. 1972.
- KIRKHAM, M.B. & KANEMASU, E.T. Wheat. In: Teare, I.D. & Peet, M.M. Crop water relation. New York. John Wiley Interscience Publi.,p. 481-520. 1983.
- LAL, R. No tillage effects on soil properties and maize (Zea mays L.) production in western Nigeria. Plant and Soil, 40: 321-331, 1974.
- LAL, R.; MAURYA, P.R. & OSEI-YEBOAH, S. Effects of no-tillage and ploughing on efficiency of water use in maize and cowpea. Expl. Agric., 14:113-119. 1978.
- LOMBARDI NETO, F. & ARRUDA, F.B. Sistema para determinação do escoamento superficial em estudos de balanço hídrico. Bragantia 35:XV-XVIII. 1976.

- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U. & FREITAS, JR., E. Dificuldades no uso da equação de Darcy para descrever o movimento de água em solo não saturado no campo. In: ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, V, Rio de Janeiro. Anais. COPPE/UFRJ. p. 1-9. 1977.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U. & CADIMA, Z., A. Dinâmica da água em solo cultivado com milho. R. bras. Ci. Solo. 3:1-5. 1979.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. & MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo Distrófico (Oxisol). R. bras. Ci. Solo. 7:103-6. 1983.
- SOUZA, M.L.P.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Propagação de erros na medida de fluxos de água no solo em condições de campo. R. bras. Ci. Solo. 3: 137-40. 1979.
- TRIPLETT, J.R.; CONNER, G.B. & EDWARDS, B.J. Herbicida runoff from conventional and no tillage corn fields. Ohio Report. 63(5):70-3. 1978.
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: PLANTIO DIRETO NO ESTADO DO PARANÁ. Circular nº 23. IAPAR, p. 19-32. 1981.
- WUNSCHÉ, W.A. & DENARDINI, J.E. Perdas de solo e escoamento de água sob chuva natural em Latossolo Vermelho Escuro nas culturas de Soja e Trigo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO. 2, Passo Fundo, 1978. Anais. EMBRAPA/CNPq Trigo, p. 289-96. 1978.