

MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA CULTURA DO MILHO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO: COEFICIENTE DE CULTURA

José Aloísio Alves Moreira¹

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro por seus atributos climáticos e topográficos possibilita a utilização intensiva do solo durante todo o ano, desde que se proceda a irrigação no período outono-inverno.

Dos vários segmentos da produção agrícola, a irrigação é a maior usuária de água e de energia elétrica. Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de se produzir alimentos. Acredita-se que, no futuro, a grande maioria da produção de alimentos será proveniente da agricultura irrigada.

Visto que os principais fatores da produção agrícola irrigada, a energia elétrica e a água são recursos finitos e têm que ser pagos, a tendência dos custos de bombeamento será sempre crescente. Por isso, para aumentar a rentabilidade do processo de irrigação é necessário produzir cada vez mais grãos por unidade de água aplicada.

A irrigação constitui um processo contínuo, que vai desde a tomada de água até a distribuição da mesma para a cultura. Entretanto, o processo, mesmo contínuo, apresenta duas fases com características próprias e bem definidas: a fase hidráulica e a fase agrícola. Dentro dessas duas etapas é possível estabelecer estratégias de ação com o objetivo de otimizar cada operação visando a redução dos custos de irrigação e o conseqüente aumento do retorno econômico.

Na fase agrícola, o consumo de água pela cultura, em função do percentual de cobertura do solo pela palhada no sistema plantio direto, constitui informação importante para os produtores que queiram otimizar o funcionamento dos equipamentos de irrigação.

A semeadura direta de culturas de grãos irrigadas por aspersão na palhada é uma prática comum na Região Central do Brasil. Essa é uma alternativa de manejo correto e sustentável de sistemas agrícolas intensivos.

2. SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD)

Conceitualmente o plantio direto é definido como a semeadura direta de culturas sem preparo do solo e com a presença de cobertura morta ou palha, constituída de restos vegetais originados da cultura anterior conduzida especificamente para produzir palha e, às vezes, também grãos.

Numa denominação mais ampla, criou-se o conceito Sistema Plantio Direto (SPD) que consiste na forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas (Salton et al., 1998).

O solo no SPD geralmente apresenta maiores valores de densidade e microporosidade e menores valores de porosidade total e macroporosidade, nas camadas superficiais do perfil, quando comparado a outros sistemas de preparo (Vieira, 1981; Vieira & Muzilli, 1984; Corrêa, 1985). A primeira vista, este comportamento não é favorável para permitir altos índices de infiltração. Porém, no SPD o solo encontra-se protegido pela cobertura morta, o que aumenta a rugosidade da superfície. Assim, aliando-se o efeito da cobertura ao da maior estabilidade estrutural, a infiltração de água no solo sob plantio direto tem sido mais elevada que em

¹ Dr Agronomia, Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas, Mg, e-mail: jaloisio@cnpms.embrapa.br

outros sistemas de preparo, ocasionando menor perda de água por escoamento superficial (Roth & Vieira, 1983).

Outra característica hídrica importante do solo sob plantio direto é o seu maior armazenamento de água. Nas tensões matriciais mais baixas, a distribuição do tamanho dos poros é altamente correlacionada com o armazenamento de água no solo. Desta maneira, aqueles sistemas de preparo que provocam maior revolvimento do solo e, portanto, aumentam o seu volume, armazenam menos água na camada revolvida em comparação à outra camada idêntica sem revolvimento (Vieira, 1984). Aliado ao aspecto armazenamento, fatores como temperatura e cobertura superficial têm garantido ao perfil do solo com menor revolvimento, em muitas situações, maiores conteúdos de água para as plantas (Lal, 1974; Vieira, 1981; Sidiras et al., 1983; Salton & Mielniczuk, 1995).

Pode-se deduzir, portanto, que o manejo da irrigação deve ser diferenciado no SPD em relação ao sistema de preparo convencional do solo, principalmente em relação à lâmina total de água e ao intervalo entre irrigações.

3. CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O objetivo da irrigação é fornecer água às culturas no momento certo e na quantidade adequada. Com um manejo adequado, um sistema de irrigação deve proporcionar maior eficiência de uso de água, aumentando a produtividade das culturas, diminuindo os custos de produção e, conseqüentemente, proporcionando maior retorno dos investimentos.

No meio rural, a irrigação é responsável pela maior parte do consumo de água e energia elétrica. Muitas vezes, parte da energia utilizada na irrigação é perdida em razão das perdas de água devido ao manejo inadequado da irrigação. Por não adotar uma estratégia de manejo eficiente, o produtor normalmente irriga em excesso, temeroso que a cultura sofra déficit hídrico que possa comprometer a produção.

A irrigação em excesso tem, como conseqüência, o desperdício de energia gasta com bombeamento desnecessário de água. Para exemplificar, um milímetro de lâmina de água excedente em uma área irrigada de 100 ha, representa a condução desnecessária de 1000 m³ de água, que pode consumir, dependendo das condições do equipamento, de 3 a 8 kWh de energia elétrica (Marouelli et al., 1996). Em estudo mais recente Carlesso et al. (2003) estimaram em R\$100,00, o custo de aplicação de 1 mm de água em pivô de 100 ha. Deve-se, portanto, manejar racionalmente a irrigação para se definir o momento exato e a quantidade de água a ser aportada na área irrigada para atender as necessidades hídricas das culturas.

São vários os procedimentos que podem ser adotados como critérios para se determinar quando e quanto de água deve ser aplicada em uma cultura. A maioria dos critérios se baseia no estado da água em um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera. De acordo com inúmeros pesquisadores, o ideal seria monitorar o grau de deficiência hídrica na própria planta. Muitos indicadores podem ser utilizados para esse fim. Abertura estomática, temperatura de folha, taxa de transpiração, potencial osmótico, potencial de água, entre outros são parâmetros que poderiam, com boa precisão, fornecer informações para se estabelecer critérios para quantificar as necessidades de água de uma cultura. Entretanto, para esses procedimentos os equipamentos são dispendiosos e inacessíveis à maioria dos produtores.

De mais fácil acesso e menos complexas, as medidas do estado da água no solo podem ser usadas para a avaliação das necessidades hídricas das plantas.

Medidas do conteúdo ou tensão da água no solo podem ser utilizadas para avaliar indiretamente a deficiência hídrica de uma cultura. O uso de medidas de tensão da água no solo para o controle da irrigação tem como principal vantagem a possibilidade de extrapolação dos resultados para solos semelhantes com poucas modificações. Isto é possível porque o consumo de água da planta é realizado em resposta a diferenças de potenciais, que produz, de certa forma, um efeito semelhante na planta independentemente do local considerado (Silva et al., 1976).

Os critérios baseados em medidas climáticas também fornecem subsídios para estimar as necessidades hídricas de uma cultura. Com base em determinadas variáveis, como a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, é possível determinar, por meio de equações empíricas, a evapotranspiração de um cultivo de referência (ET_o) e, com o auxílio de coeficientes apropriados - coeficientes de cultura (K_c), estimar as necessidades hídricas de uma cultura. Para esse fim também podem ser utilizadas, adicionalmente, medidas de evaporação de uma superfície livre de água, em tanques evaporimétricos, tipo tanque Classe A.

4. COEFICIENTE DE CULTURA

O coeficiente de cultura (K_c) é a relação entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o). ET_c é a perda de água para a atmosfera por evaporação e transpiração de uma cultura em condições ótimas de desenvolvimento. ET_o é a evaporação ocorrente em uma superfície vegetada com grama batatais, *Paspalum notatum* Flüggé, bem provida de água, em fase de desenvolvimento ativo e com bordadura adequada.

A ET_o pode ser estimada por meio de fórmulas empíricas ou por meio de tanques evaporimétricos, dos quais o mais usado é o tanque USWB Classe A.

Quando o tanque Classe A é usado, a evaporação do tanque (ECA) é transformada em ET_o por meio do coeficiente do tanque (K_p), que leva em conta as condições meteorológicas reinantes e o meio circundante ao tanque (Tabela 1). Assim:

$$ET_o = ECA \times K_p$$

TABELA 1. Valores do coeficiente de tanque

Vento (m s ⁻¹)	Posição do tanque R ¹ (m)	Tanque circundado por grama			Tanque circundado por solo nu		
		Umidade relativa média			Umidade relativa média		
		Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%	Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%
Fraco < 2	0	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderado 2-5	0	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Forte 5-8	0	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muito Forte > 8	0	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

¹Por R, entende-se a menor distância do centro do tanque ao limite da bordadura.

Fonte: Doorenbos & Kassam (1979).

Nota: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de K_p de 20%, em condições de alta temperatura e vento forte, e de 10 a 5%, em condições de moderada temperatura, vento e umidade.

Conhecida a ET_o, que é obtida pela multiplicação da evaporação do tanque pelo coeficiente do tanque (Tabela 1), a ET_c pode ser calculada por:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Para a estimar as necessidade hídricas de cultura do milho, visando o manejo da irrigação, Moreira et al. (2004) determinaram o K_c para o milho para consumo *in natura* com diferentes níveis de cobertura do solo pela palhada, no SPD, nos períodos de outono e inverno (Figura 1). Os valores máximos de K_c , para todos os níveis de cobertura do solo ocorreram no período reprodutivo. Observa-se que foram obtidos diferentes valores de K_c para os diferentes níveis de cobertura da superfície do solo. Assim, comparando o valor de K_c , no período reprodutivo, em torno de 75 dias após a emergência, obtido no solo sem cobertura, em torno de 1,25, para o solo com 100% de cobertura, em torno de 1,0, observa-se que a cobertura total do solo pela palhada propiciou economia de água de cerca de 20%. Sabe-se, entretanto, da dificuldade de se manter, nos sistemas agrícolas tradicionais, o solo totalmente coberto pelos resíduos da cultura anterior.

De fato, Seguy et al. (1992) relataram que, no período de 90 dias após a primeira chuva, as palhadas de milho, arroz e soja foram reduzidas em 63%, 65% e 86%, respectivamente, de sua massa inicial e, nesta mesma ordem e período, resultaram em cobertura do solo de 30%, 38% e 7%. Lopes et al. (1987) e Saraiva & Torres (1993) encontraram que 1, 2 e 4 t ha⁻¹ de matéria seca de resíduo vegetal cobrem cerca de 20%, 40% e 60-70% da superfície do solo, respectivamente. Concluíram ainda que são necessárias pelo menos 7 t ha⁻¹ de matéria seca de palhada, uniformemente distribuída, para a cobertura plena da superfície do solo.

A palhada atua na primeira fase do processo de evaporação da água do solo, reduzindo a taxa de evaporação devido à reflexão de energia radiante. A taxa de redução depende da magnitude da cobertura morta e da arquitetura e desenvolvimento do dossel da planta cultivada. Assim, quando a palhada é pouca ou é rapidamente decomposta, e a cultura cobre rapidamente o solo, esse benefício não é tão expressivo. Esta é a razão da diferença de comportamento, entre os solos cobertos e descobertos, em relação à eficiência do uso da água. Devido à rápida decomposição dos resíduos com baixa relação C/N em condições de clima tropical, diminuindo seu volume, reduzindo a porcentagem de cobertura do solo e aumentando, em consequência, as perdas de água por evaporação e pelo escoamento superficial, a eficiência do uso da água é menor no SPD à medida que a cobertura morta for menor e/ou não perdurar até o final do ciclo do milho. Moreira et al. (1999) observou que a economia de água começa a ser importante a partir de 50% de cobertura do solo pela palhada, implicando em menor número de irrigações (Figura 2).

Assim, sugere-se, como alternativa, para a produção de palhada objetivando a cobertura total do solo o Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP), preconizado pela Embrapa (Kluthcouski et al., 2003), dentro do processo integração agricultura-pecuária. O Sistema fundamenta-se na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, sorgo e milheto com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria*, no sistema de plantio direto, em áreas de lavoura, com solo parcial ou devidamente corrigido. Nestes, as culturas anuais apresentam grande performance de desenvolvimento inicial, exercendo com isto alta competição sobre as forrageiras, evitando assim redução significativa nas suas capacidades produtivas de grãos. Um dos objetivos do Sistema ILP é a produção de palhada em qualidade e quantidade para o cultivo de culturas de grãos para culturas irrigadas nos períodos de outono e inverno. Atualmente, planilhas eletrônicas e softwares como o IRRIGAFACIL, facilitam o manejo da irrigação pois permitem a programação, de forma antecipada, dos dias e quantidades de água a serem aportadas na área irrigada.

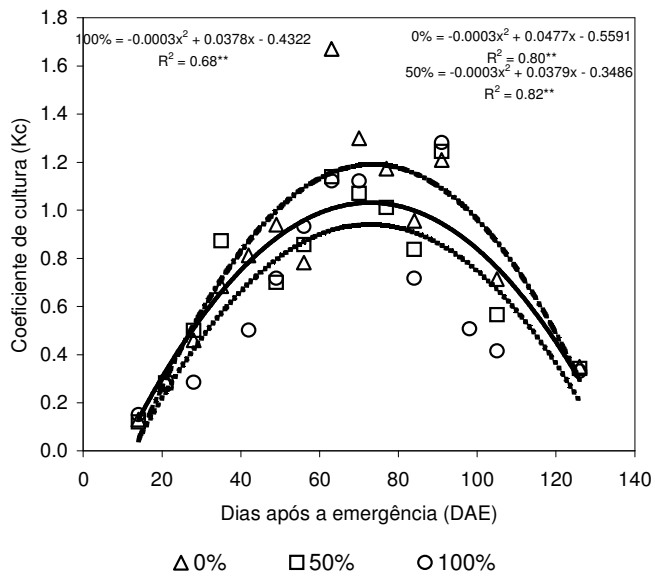


Figura 2. Coeficientes de cultura do milho, no SPD, em diferentes níveis de cobertura do solo pela palhada (Adaptado de Moreira et., 2004).

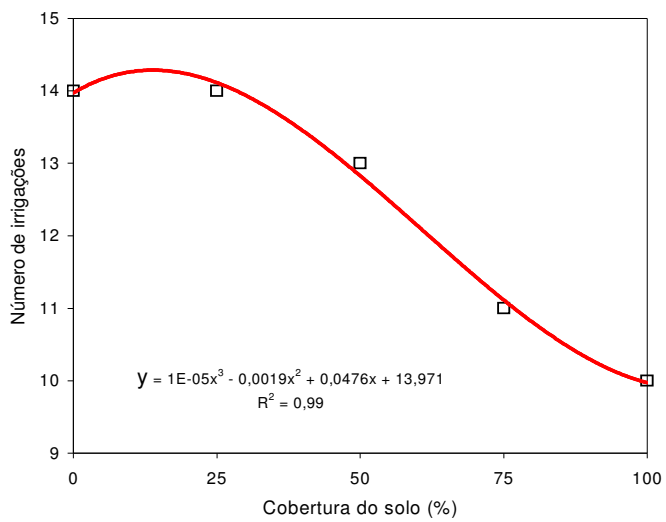


Figura 2 Número de irrigações, em função da porcentagem de cobertura do solo pela palhada (adaptado de Moreira et al., 1999).

5. REFERÊNCIAS

CARLESSO, R. ; PETRY, M. T. ; ROSA, G. M. ; ALMEIDA, M. Z. Controle total: o manejo da irrigação usando estações meteorológicas automáticas, computadores e comunicação via Internet garante precisão e menos despesas. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 3, n. 16, p. 20-23, jan./fev. 2003.

CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.11, p.1317-1322, nov. 1985.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos**. Roma:FAO, 1979. 212p. (Estudio FAO. Riego & Drenage, 33).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. **Plant and Soil**, Amsterdam, v.40, p.321-331, 1974. MAROUELLI, W. A.; CARVALHO E

LOPES, P.R.C.; GOGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.71-75, 1987.

MOREIRA, J.A.A.; CÁNOVAS, A., D.; STONE, L. F. **Determinação do consumo de água para culturas de grãos no sistema plantio direto com diferentes níveis de cobertura do solo: coeficiente de cultura**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 8p. (Embrapa. Macroprograma de transição. Subprojeto 06.04.02.077-5. Projeto em andamento).

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. **Manejo da irrigação do feijoeiro em plantio direto: cobertura do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 2p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 26).

ROTH, C.; VIEIRA, M.J. Infiltração de água no solo. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.1, n.3, p.4, 1983.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.; FONTES, C.Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CPAO, 1998. 248p.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.

SARAIVA, O.F.; TORRES, E. **Estimação da cobertura do solo por resíduos culturais**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 4p. (EMBRAPA-CNPSO. Pesquisa em Andamento, 14).

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.R.; MATSUBARA, M. et al. **Gestão dos solos e das culturas nas fronteiras agrícolas dos cerrados úmidos do Centro-Oeste: I. destaques 1992 e síntese atualizada 1986/92. II. gestão ecológica dos solos : relatório**. Lucas do Rio Verde: CIRAD, 1992. 107p. (Convênio RAP/CIRAD-CA Fazenda Progresso).

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). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.103-106, 1983.

SILVA, E.M. DA; PINTO, A.C. DE O.; AZEVEDO, J.A. DE. Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1976. 77p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 61).

SILVA, W. L.; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de hortaliças-5ª ed., Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 72 p.

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. (Londrina, PR). **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. p.19-32. (IAPAR. Circular, 23).

VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, jul. 1984.