

Irrigação do Feijoeiro por Aspersão

Pedro Marques da Silveira¹
Luís Fernando Stone¹

INTRODUÇÃO

A primeira iniciativa do uso da irrigação na cultura do feijão, em entidade de pesquisa oficial, ocorreu na década de 40, na Estação Experimental de Patos de Minas-MG, órgão do antigo Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (SNPA), do Ministério da Agricultura, utilizando-se irrigação por sulcos (Guazzelli, 1990). A primeira indústria brasileira criada especialmente para produzir sistemas completos de irrigação por aspersão convencional foi fundada em 1955. Em 1974, foi lançado no mercado o primeiro sistema autopropelido de irrigação e, em 1978, o primeiro pivô central. A partir de 1981, aliado aos vários programas de incentivo à irrigação no Brasil, aos resultados de pesquisa com a cultura e ao projeto Profeijão, lançado pelo Ministério da Agricultura inicialmente no estado de São Paulo, começou a ter expressão a cultura do feijão de inverno, plantada de abril a junho e conduzida inteiramente sob irrigação.

Das grandes culturas plantadas no inverno nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e em algumas áreas da região Nordeste, sob irrigação por aspersão, o feijão é a principal. Em nível de lavoura, têm-se conseguido rendimentos geralmente superiores a 1.500 kg/ha, bem maiores que os obtidos nas outras épocas de plantio da cultura, sem irrigação. Esses rendimentos são tanto mais elevados quanto maiores e mais apropriados os níveis de tecnologia utilizados pelos produtores, podendo ultrapassar 3.000 kg/ha. A experiência

acumulada da pesquisa e a vivência dos agricultores têm mostrado que a associação do manejo racional da irrigação com outras práticas culturais, como preparo do solo, calagem e adubação, espaçamento e densidade do plantio, rotação da cultura, combate a pragas e doenças, entre outras, é que condicionará o teto de produtividade a ser alcançado.

Exemplo desta interdependência pode ser visto no Quadro 1, o qual mostra o rendimento do feijoeiro em função da quantidade de água de irrigação aplicada e da adubação nitrogenada (Frizzone & Olitta, 1987).

De modo geral, maiores rendimentos do feijoeiro foram conseguidos nas maiores quantidades de nitrogênio e água de irrigação aplicadas.

O Quadro 2 apresenta o rendimento de grãos de feijão em função da quantidade de água aplicada e da adubação fosfatada (Silveira & Moreira, 1990). Observa-se, pelo Quadro, que o rendimento de grãos do feijoeiro também foi crescente com o aumento da dose de fósforo e da água de irrigação.

No Quadro 3 é mostrado o rendimento do feijoeiro irrigado sendo afetado pela cultura precedente, dentro de diferentes sistemas agrícolas (Silveira, 1988).

Em três anos de plantio, a produtividade do feijoeiro irrigado foi menor quando plantado após a cultura do milho, do que quando plantado após a cultura do arroz. Foram determinadas diferenças nutricionais nas plantas de feijão nessas duas condições, sendo os menores teores de nutrientes, especialmente nitrogênio, verificados naquelas plantas desenvolvidas após a cultura do milho. Isto foi atri-

buído ao efeito da palhada do milho remanescente no solo, após a colheita, em quantidade bem superior ao da palhada do arroz.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

A irrigação por aspersão deve ser preferencialmente utilizada em solos de textura mais grossa ou bem estruturados, que são mais permeáveis e apresentam baixa capacidade de retenção de água. Estes solos requerem irrigações frequentes, com aplicação de menor quantidade de água por irrigação, mais fácil de ser conseguida, com irrigação por aspersão (Stone & Moreira, 1986).

Os principais sistemas de irrigação por aspersão usados na cultura do feijão são o sistema convencional, o autopropelido e o pivô central. O sistema convencional é indicado para áreas de até 20 ha; o autopropelido, para áreas de 20 a 60 ha; e o pivô central, para áreas acima de 40 ha.

A designação de convencional está ligada ao aspecto histórico da introdução de aspersão (Rigitano, 19--). O sistema é dito móvel, fixo ou semifixo, em função da movimentação ou não, total ou parcial, de seus componentes. O sistema convencional compõe-se basicamente de um sistema de captação e bombeamento, tubulação de recalque ou principal, tubulação lateral ou ramal, aspersores e acessórios (tubo de subida, acoplamentos, registros, válvulas, curvas, reduções, tampões e outros). Neste sistema são usados aspersores de pressão média (2,0 a 4,0 atm), com raio de ação de 12 a 36 m, e canhão aspersor de médio alcance (pressão de 3,5 a 8,0

¹Eng^o Agr^o, Dr. - Pesq. EMBRAPA-CNPAP - Caixa Postal 179 - CEP 74001-970 Goiânia, GO.

Lâmina de Água (mm/ciclo)	Doses de Nitrogênio (kg/ha)			
	0	30	60	90
181	494	637	765	865
298	843	1.233	1.421	1.549
420	991	1.629	1.986	2.242
534	983	1.538	2.269	2.499

Lâmina de Água (mm/ciclo)	Doses de P ₂ O ₅ (kg/ha)					
	0	25	50	100	200	400
204	523	578	627	709	806	733
304	1.374	1.458	1.536	1.676	1.888	2.046
388	1.706	1.814	1.916	2.104	2.413	2.765
447	1.729	1.854	1.973	2.195	2.573	3.060

Ano	Rotação com Arroz	Rotação com Milho
1989	1.929	1.713
1990	2.260	1.982
1991	1.229	1.140

atm), com raio de ação entre 30 a 60 m. Os aspersores são caracterizados pelo diâmetro de seus bocais, expressos em milímetros. Para cada combinação de pressão de serviço e diâmetro dos bocais, obtêm-se vazões por aspersor, raio de alcance e intensidade de precipitação. O agricultor irrigante deve dispor dessas características de seus aspersores.

O sistema autopropelido compõe-se de motobomba, tubulação de alimentação, mangueira, canhão aspersor de longo alcance montado sobre carreta com unidade acionadora, carretel enrolador da mangueira, hidrantes e âncoras. O aspersor

sobre a carreta desloca-se no campo acionado por turbina ou por pistão hidráulico nos carregadores, irrigando faixas de até 100 x 500 m, ou seja, uma área de 5 ha (Rigiano, 19--). O canhão possui diferentes diâmetros de anel do bocal, trabalha com pressão entre 5,0 e 10,0 atm e alcança um raio de ação entre 40 e 80 m. O sistema autopropelido consome grande quantidade de energia.

O sistema pivô central é um sistema automático de irrigação que opera em círculos, girando a uma velocidade constante prefixada. Este sistema é constituído pela unidade pivô central com sua linha de distribuição e pela adutora de conexão com a fonte de água, composta de tubulação, motobomba e tubulação de recalque. A tubulação de distribuição (em aço zincado a fogo e dotado de aspersores rotativos ou fixos) mantém-se a uma elevação prefixada do solo, que é suspensa por torres equipadas com rodas pneumáticas do tipo trator.

Essas torres são dotadas de sistema de propulsão elétrica, composta por um motorreductor, que transmite o movimento através de um eixo cardan aos redutores

das rodas. O tempo mínimo para uma volta varia de acordo com o comprimento da tubulação de distribuição. O uso de aspersores de impacto (sistema de média pressão) ou de aspersores fixos (sistema de baixa pressão) depende, principalmente, da velocidade de infiltração básica do solo, topografia, condições climáticas e custos de energia.

No dimensionamento dos diferentes sistemas de irrigação por aspersão, algumas variáveis devem ser conhecidas. As variáveis do solo que devem ser determinadas, são a capacidade de campo, ponto de murchamento, densidade aparente e velocidade de infiltração básica. As da planta são evapotranspiração máxima nos diferentes estádios de desenvolvimento e profundidade efetiva do sistema radicular. O tamanho e dimensões de área, os diferentes desníveis em relação à fonte de água, e o tempo de irrigação diário são outros fatores que devem ser conhecidos. O sistema de irrigação convencional é geralmente dimensionado por técnicos da assistência técnica pública ou privada e pelos representantes dos diferentes fabricantes dos equipamentos. A lâmina de água e o tempo de irrigação diário são fatores que interferem no preço final do projeto. O agricultor irrigante deve ficar atento a este fato, porque o projeto de menor preço pode não ser o mais perfeito tecnicamente. Já os sistemas autopropelido e pivô central, são normalmente, dimensionados pelos fabricantes. Como esses sistemas têm a facilidade de trabalhar ininterruptamente, o agricultor deve ficar atento à quantidade de água aplicada por dia, indicada no projeto.

PERÍODOS CRÍTICOS E NECESSIDADES DE ÁGUA

O feijoeiro é uma planta bastante sensível à umidade do solo. Deficiências ou excessos de água, nas diferentes fases do ciclo, afetam a produtividade da cultura. Assim, o manejo de água de irrigação torna-se de fundamental importância para maximizar o rendimento da cultura.

Deficiências de água nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta afetam o rendimento em diferentes proporções. Garrido et al. (1979) observaram perda de 42 a 58% na produção, respectivamente, com déficit hídrico na fase final da floração e na fase de formação e cres-

cimento das vagens.

Também foram observadas reduções de 53, 71 e 53% no rendimento do feijoeiro com déficit hídrico, respectivamente, nas fases de prefloração, floração e pós-floração (Dubetz & Mahalle, 1969). Diversos autores concordam que o déficit hídrico durante a floração e formação de grãos provoca as maiores quedas de rendimento. Contudo, concordam também que a deficiência de água provoca reduções, se ocorrer em qualquer uma das fases do ciclo da cultura. A falta de água no período vegetativo reduz o crescimento das plantas, as quais, entretanto, podem-se recuperar, se a irrigação for reiniciada. É importante dizer que tais plantas, contudo, não apresentarão a mesma produção daquelas irrigadas adequadamente durante todo o ciclo.

Assim, o agricultor irrigante não deve permitir a ocorrência de déficit hídrico em nenhuma das fases do ciclo vegetativo do feijoeiro.

A água de irrigação deve atender à exigência hídrica da planta. A determinação do consumo ou da evapotranspiração da cultura é passo fundamental no manejo da irrigação. O consumo varia com o estágio de desenvolvimento da planta, variedade, condições do clima, local e época de plantio. Estudando o feijão de inverno em Goiânia, GO, variedade CNF 10, Steinmetz (1984) encontrou um consumo médio de 3,4 mm/dia, no período de emergência até a floração, de 6,0 mm/dia na floração e de 4,7 mm/dia do desenvolvimento das vagens até a maturação. Nesse mesmo local, Silveira (1988) observou um consumo de 350 mm de água durante todo o ciclo da cultura, para a variedade Carioca.

Na região Norte do estado de Minas Gerais, a cultura da variedade Jalo EEP 558, plantada em maio, apresentou melhores produções, quando se aplicaram 400 mm de água por ciclo, equivalentes, em média, a 5 mm/dia (Caixeta et al., 1978). Já no Sul do Estado, as maiores produções foram obtidas com 300 mm/ciclo, o que equivale, em média, a 3,2 mm/dia (Purcino et al., 1978). Um consumo médio de 4,17 e 3,34 mm/dia foi encontrado por Garrido & Teixeira (1978) para as localidades do Vale do Sapucaí e Careagu, também em Minas Gerais.

Valores médios de 2,9 e 3,5 mm/dia, durante o ciclo da cultura, foram encontrados, respectivamente, em Monte Alegre do Sul e Ribeirão Preto (Demattê et al., 1974), e de 4,37 mm/dia, em Piracicaba (Encarnação, 1980), municípios do estado de São Paulo.

Existem várias metodologias para estimar a evapotranspiração da cultura do feijão. Entre elas, pode-se citar o tanque classe A. Este método apóia-se na premissa de que existe uma boa correlação entre os valores de evaporação medida no tanque classe A e a necessidade de água das culturas.

Por ser um parâmetro climatológico de fácil mensuração e por exigir equipamento simples, a medida da evaporação (EV) de uma superfície livre de água contida em um reservatório padrão tem sido usada para estimar a evapotranspiração da cultura (Azevedo et al., 1983). A Figura 1 mostra detalhes de um tanque classe A.

A evapotranspiração máxima da cultura pode ser calculada da seguinte maneira:

$$ET_m = Ev \times K_p \times K_c$$

onde:

ET_m = Evapotranspiração máxima da cultura, em mm/dia

Ev = Evaporação medida no tanque classe A, em mm/dia

K_p = Coeficiente do tanque classe A

K_c = Coeficiente de cultura.

Os valores de K_p apresentados por Doorenbos & Kassan (1979) variam com a velocidade do vento, com a umidade relativa do ar e com a posição do tanque em relação a uma bordadura gramada ou não. Há necessidade de se dispor então, além do tanque classe A, de um anemômetro, para medir a velocidade do vento, e de um psicrômetro, para estimar a umidade relativa do ar. Considerando-se uma velocidade do vento menor que 425 km/dia, umidade relativa entre 40 e 70% e uma bordadura gramada do tanque de até 10 m, pode-se considerar o valor de K_p igual a 0,7.

O Quadro 4 apresenta os valores do coeficiente do tanque (K_p), adaptado de Doorenbos & Kassan (1979), considerando-se o tanque circundado por grama e sob condições de vento fraco a moderado.

Os valores de K_c para a cultura do feijão, segundo a idade da planta, são apresentados no Quadro 5.

Convém ressaltar que o K_c , além de variar com a idade da planta, também pode variar com a variedade, adubação, população de plantas de feijão por hectare e

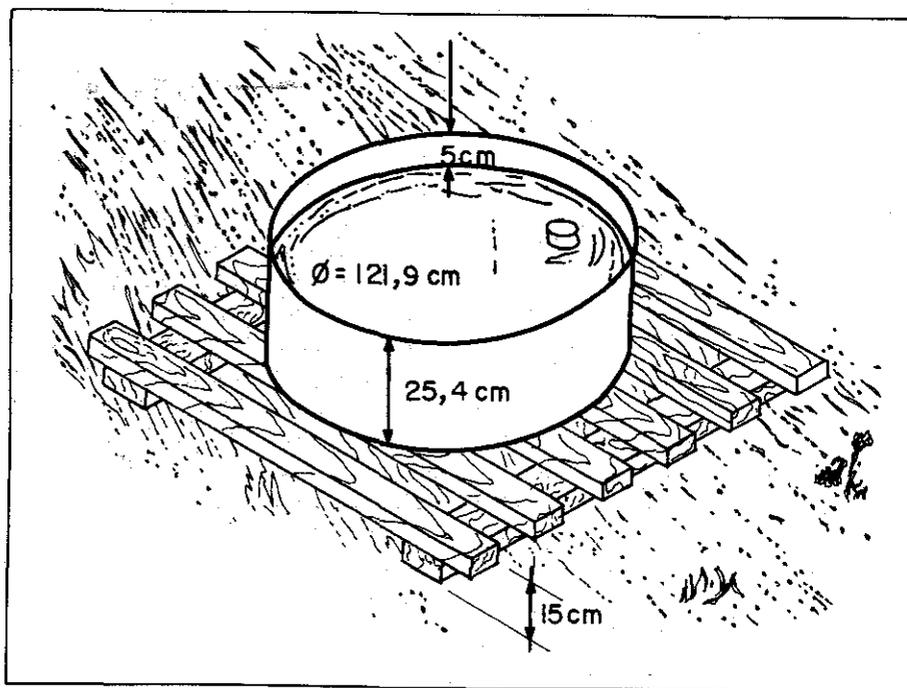


FIGURA 1 — Esquema do tanque classe A.

Vento (km/dia)	Posição do Tanque	Tanque Circundado por Grama		
		UR		
		Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%
Fraco < 175	0	0,55	0,65	0,75
	10	0,65	0,75	0,85
Moderado 175-425	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,60	0,70	0,75

FONTE: Dados básicos: Doorenbos & Kassan (1979).
 NOTA: R – Menor distância (em metros) do centro do tanque ao limite da bordadura, UR – Umidade relativa média.

solo.

Os tensiômetros são constituídos de uma cápsula de porcelana porosa ligada a um tubo com uma tampa hermética na extremidade superior, onde também se encontra um manômetro de mercúrio ou um vacuômetro. São capazes de medir, com valores mais precisos, até a tensão de 0,8 bar (0,08 MPa), tensão esta que abrange cerca de 70% ou mais da água disponível de muitos solos irrigados do Brasil.

Vários autores relataram o valor máximo que a tensão da água no solo pode atingir, para que não haja redução na produtividade do feijoeiro. Maurer et al. (1969) concluíram que o feijoeiro deve ser irrigado quando a tensão atingir 0,20 bar; Bascur & Fritsch (1975), 0,45 bar, com o tensiômetro instalado a 20 cm de profundidade; Forsythe & Legarda

Idade da Planta (dias)	Kc
10	0,60
21	0,70
32	0,80
42	0,98
54	1,25
62	1,17
72	0,96
82	0,62

FONTE: Steinmetz (1984).

sistema de plantio (plantio convencional e plantio direto).

MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Para o manejo da água de irrigação no feijoeiro, o momento de fazer a irrigação (quando irrigar) e a quantidade de água a aplicar (quanto irrigar) devem ser conhecidos pelo agricultor irrigante.

Quando Irrigar

No sistema pivô central, devido à facilidade de se irrigar rapidamente toda a área, o tensiômetro (Fig. 2), instrumento utilizado para indicar o momento de se

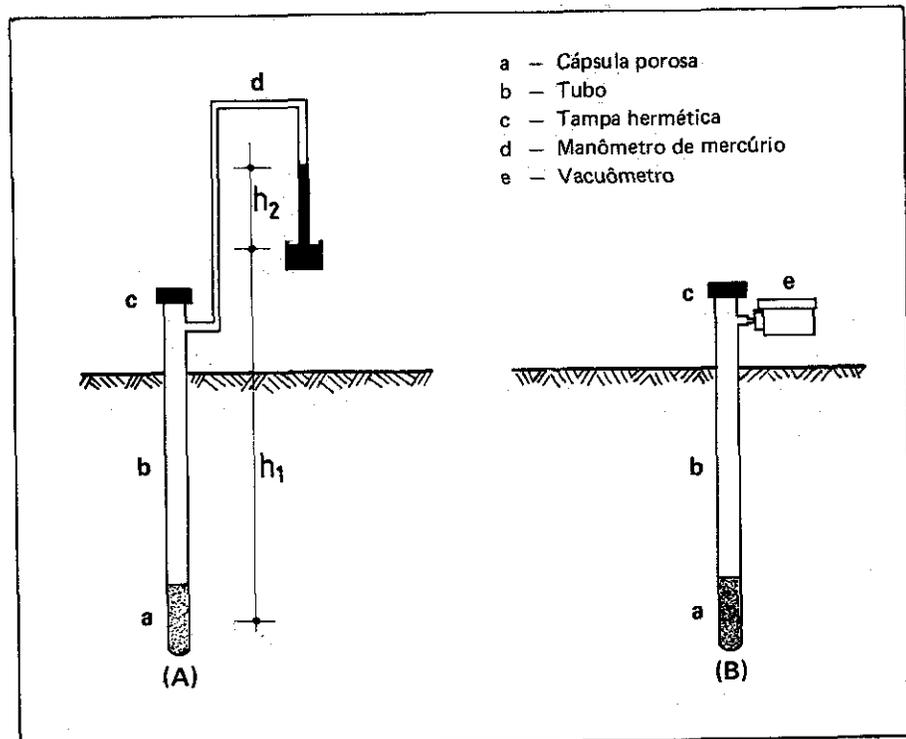


FIGURA 2 – Tensiômetro com Manômetro de mercúrio e com Vacuômetro.

NOTA: A – Manômetro de mercúrio; B – Vacuômetro

fazer a irrigação, adapta-se perfeitamente ao sistema. Os tensiômetros medem diretamente a tensão da água (força com que ela é retida) e, indiretamente, a percentagem de umidade do solo. Maior quantidade de água no solo significa maior facilidade de as plantas extraírem esta água, por ela estar retida com menor força ou menor valor de tensão. A situação oposta ocorre com menor quantidade de água no

(1978), 0,60 bar, a 15 cm; Elliott et al. (1980), 0,50 bar; Mack & Varseveld (1982), 0,60 bar, a 30 cm; Diaz-Duran & Castilho (1983), 0,35 bar e Stone et al. (1988), 0,25-0,30 bar, a 15 cm de profundidade. Estes diferentes valores de tensão podem ser explicados, em parte, pelas diferentes profundidades de instalação, pelas distâncias dos tensiômetros em relação à planta de feijão e pelas deman-

das evapotranspirativas.

O valor de 0,30 bar a 15 cm de profundidade, relatado por Stone et al. (1988), em solo de cerrado, é apropriado para se fazer a irrigação na cultura do feijão. Na maioria destes solos, quando a tensão atinge 0,3 bar, já foram consumidos em torno de 50% da água neles disponível.

Os tensiômetros devem ser instalados entre fileiras de feijão, no mínimo em três locais da área irrigada e em duas profundidades, 15 e 30 cm. Azevedo et al. (1983) apresentaram as características, o funcionamento e os cuidados necessários na utilização dos tensiômetros. As três baterias de tensiômetros devem ser posicionadas em linha reta, numa distância equivalente a 4/10, 7/10 e 9/10 do raio do pivô, a partir da base². Cada bateria abrange, aproximadamente, 33,3% da área irrigada do pivô. O esquema da instalação no campo pode ser visto na Figura 3. Ao lado de cada bateria de tensiômetros é instalado um pluviômetro, para coleta e posterior medida da água de irrigação. As leituras nos tensiômetros e pluviômetros devem ser feitas diariamente, sempre pela manhã.

Pode-se observar, pela Figura 3, que o pivô central tem a posição de partida/parada sempre antes da linha dos tensiômetros. A parada nessa posição pode ser automática ou manual. Assim, os tensiômetros são os "sinaleiros". O equipamento só é ligado quando o "sinal" abrir, ou seja, quando a média das leituras dos tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade alcançar cerca de 0,3 bar. A posição dos tensiômetros próximo à estrada facilita o acesso para sua leitura.

Quando se utiliza do tensiômetro de mercúrio (Fig. 2), a tensão da água do solo é calculada pela altura (h) da coluna de mercúrio. Deve-se então determinar qual a altura (h) da coluna de mercúrio que equivale a 0,3 bar para aquelas condições de instalação do tensiômetro pela seguinte equação:

$$h = \frac{1020 T_s + h_1 + h_2}{12,6}$$

onde:

- h = altura da coluna de mercúrio dentro do tubo, em cm (Fig. 2)
- T_s = tensão desejada para se fazer a irrigação, em bar
- h₁ = altura do cubo de mercúrio acima do solo, em cm (Fig. 2)
- h₂ = profundidade de instalação do tensiômetro, em cm (Fig. 2)

Quando se utiliza o pivô central, é interessante que, antes do plantio, seja feita uma irrigação, com o pivô se deslocando a baixa velocidade. Esta irrigação servirá para recarregar o reservatório do solo e fornecer umidade adequada para melhor preparo do solo e para a ação dos herbicidas. Se aplicada com certa antecedência à semeadura, favorecerá a germinação de sementes de plantas daninhas, que serão eliminadas no preparo do solo. Após a semeadura, devem-se fazer irrigações frequentes, deslocando-se o pivô

próximo da sua velocidade máxima, com a finalidade de manter a camada superficial do solo sempre úmida, para favorecer a germinação e o desenvolvimento inicial da planta. Nesta fase, não se consideram as leituras dos tensiômetros. Após 15 a 20 dias da emergência, as irrigações devem ser feitas baseadas na leitura dos tensiômetros, conforme mostrado anteriormente.

A irrigação pode ser suspensa quando as folhas da planta vão-se tornando amareladas.

Nos sistemas convencional e auto-propelido, em razão de se trabalhar, normalmente, com período de irrigação mais longo para irrigar determinada área, o tradicional método do Turno de Rega é o mais prático de ser utilizado para indicar o dia de se fazer a irrigação. O Turno de Rega ou intervalo entre irrigações pode ser calculado através da equação a seguir:

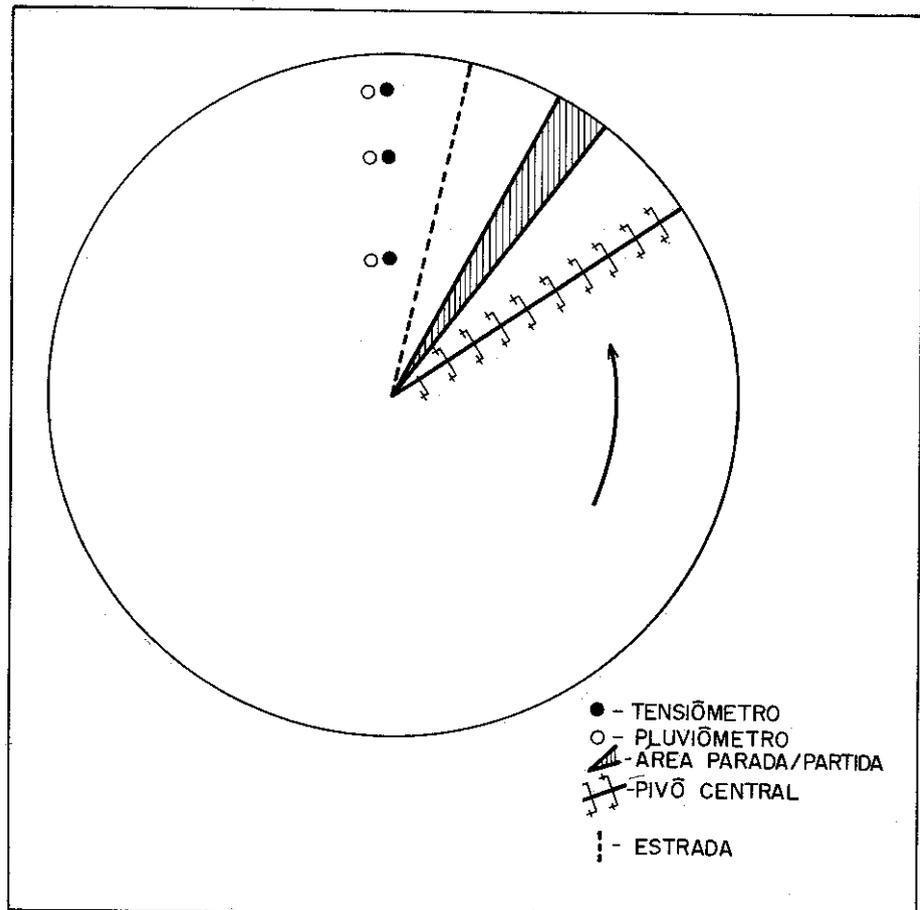


FIGURA 3 – Posicionamento dos Tensiômetros na área irrigada.

² Comunicação pessoal, obtida através de J.A. Azevedo.

$$TR = \frac{LL}{ETm}$$

onde:

TR = Turno de Rega em dias

LL = Lâmina Líquida de água de irrigação, em mm

ETm = Evapotranspiração máxima da cultura, em mm/dia

A lâmina líquida da água de irrigação (LL) será discutida no item Quanto Irrigar, a seguir.

Uma vez determinado o Turno de Rega, a próxima irrigação será obtida através do número de dias correspondentes ao Turno de Rega, a partir do dia da última irrigação. Podem ser determinados dois ou mais Turnos de Rega durante o ciclo da cultura, pois os valores de ETm e da profundidade efetiva das raízes, necessários para cálculo da lâmina líquida de irrigação neste método, variam com o ciclo vegetativo do feijão. Tensiômetros podem ser instalados na área irrigada para um acompanhamento da umidade do solo e possíveis ajustes no Turno de Rega.

Quanto Irrigar

A estimativa da quantidade de água a ser aplicada pode ser baseada na curva de retenção de água do solo, na faixa de atuação do tensiômetro e no tanque classe A.

Método da Curva de Retenção

No método da curva de retenção, há necessidade de se dispor da curva de retenção de água do solo na profundidade em que se deseja irrigar. Uma curva de retenção relaciona o teor ou conteúdo de água no solo com a força (tensão) com que ela está retida pelo mesmo (Gráfico 1).

A avaliação da curva de retenção permite uma estimativa rápida da disponibilidade de água no solo para as plantas, na profundidade do solo considerada. Assim, pode-se conhecer a quantidade máxima de armazenamento de água (capacidade de campo - cc), o armazenamento mínimo (ponto de murchamento) ou o armazenamento em qualquer ponto da curva. A quantidade de água de irrigação é o resultado da diferença entre a quantidade máxima de água (cc) e a quantidade de água existente no ponto determinado para reinício da irrigação,

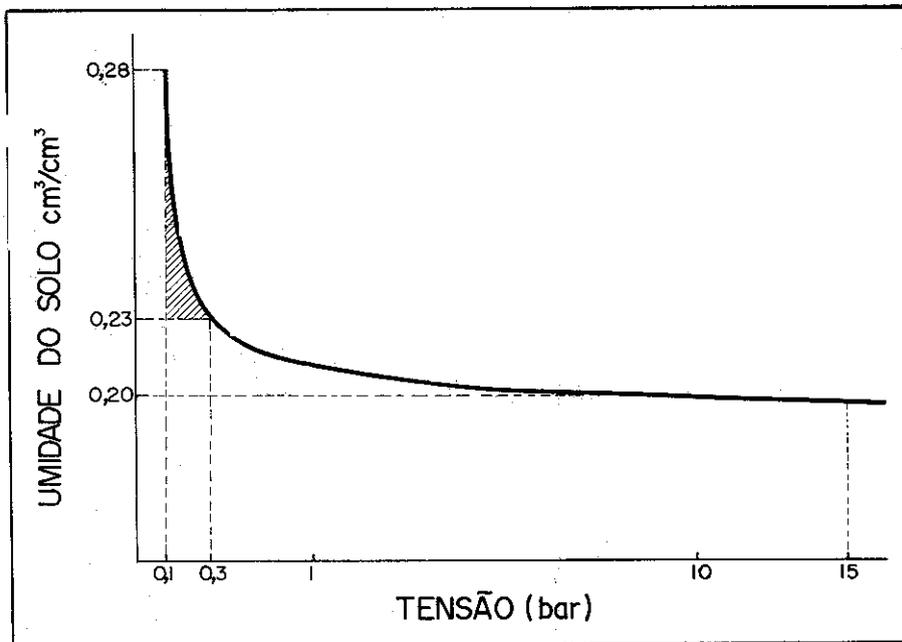


GRÁFICO 1 - Curva de retenção de água no solo.

multiplicado pela espessura da camada de solo considerada.

Na realidade, este resultado nada mais é que o déficit de água existente no solo no momento de reiniciar a irrigação. No Gráfico 1, a quantidade máxima de água do solo (QM), correspondente à tensão de 0,1 bar, é igual a 0,28 cm³/cm³. A quantidade de água no momento da irrigação (QI), correspondente no caso a 0,3 bar, é igual a 0,23 cm³/cm³. Utilizando-se ainda o mesmo gráfico, com o objetivo de exemplificar o cálculo da lâmina líquida de irrigação (LL), para uma camada de solo de 30 cm de profundidade, tem-se que:

$$LL = (QM - QI) \times \text{profundidade de camada do solo}$$

$$LL = (0,28 - 0,23) \times 30 \text{ cm} = 1,5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

Logo, toda vez que a média dos tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade, como na Figura 3, atingir em torno de 0,3 bar, a lâmina líquida de água de irrigação será de 15 mm. Observa-se que, por este método, o agricultor irrigante fica conhecendo a quantidade de água de irrigação antes mesmo de iniciar o plantio do feijão, e este é o único cálculo necessário.

Uma variação no método da curva de retenção é feita quando se usa o método do Turno de Rega para indicar o mo-

mento de irrigação. Nesse caso, a profundidade do solo a ser considerada é igual à profundidade efetiva do sistema radicular do feijoeiro. Dadas as particularidades do método do Turno de Rega, e para melhor viabilizar os sistemas convencional e autoprovelido de irrigação, considera-se um valor mais alto de tensão de água no solo (0,4 ou 0,5 bar) para definir o momento da irrigação.

Esta variação sempre é usada como parte do dimensionamento de projetos de irrigação dos sistemas convencionais e autoprovelidos.

Método do Tanque Classe A

No método do tanque classe A, conforme discutido anteriormente, a lâmina líquida (LL) a ser aplicada por irrigação, deve ser calculada multiplicando-se a evaporação acumulada medida no tanque classe A (EV), no intervalo entre irrigações (dado pelo número de dias que os tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade gastaram para atingir 0,3 bar), pelos coeficientes Kp (Quadro 4) e Kc (Quadro 5), observando-se a idade da planta.

O seguinte exemplo de cálculo pode ser dado: uma lavoura de feijão encontra-se com 32 dias após a emergência (Kc = 0,8), e no período entre a última irrigação (indicado pelo tensiômetro),

Feijão no Inverno

mediu-se, utilizando-se o tanque de classe A, uma evaporação acumulada (Ev) de 25 mm. O valor de Kp determinado para as condições locais do tanque é de 0,7. A lâmina líquida de irrigação (mm) a ser aplicada na lavoura é a que se segue:

$$L L = Ev \times Kp \times Kc$$

$$L L = 25 \times 0,7 \times 0,8 = 14 \text{ mm}$$

Por este método, a determinação da lâmina de irrigação deve ser feita a cada irrigação. Em uma microrregião homogênea ou em uma área de concentração de irrigação, os valores de evaporação do tanque e os cálculos das lâminas de irrigação podem ser realizados, por exemplo, por cooperativas ou outros órgãos, e servir a um maior número de usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da; RESENDE, M.; GUERRA, A.F. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado. Brasília: EMBRAPA-DID, 1983, 53p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 16).
- BASCUR, B.G.; FRITSCH, F.N. Efectos de métodos y frecuencias de riego sobre componentes de rendimento em frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica, Santiago, v.35, n.3, p. 145-152, 1975.
- CAIXETA, T.J.; MARINATO, R.; FRANÇADANTAS, M.S. Efeito da aplicação de quatro lâminas totais de água e três níveis de fertilizantes no rendimento do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto feijão: relatório 73/75. Belo Horizonte, 1978, p. 27-29.
- DEMATTÊ, J.B.I.; DEMATTÊ, J.D.I.; MIYASAKA, S.; ALMEIDA, L.D.; BULLISANI, E.A.; IGUE, T.; ALVES, S. Irrigação, adubação mineral x matéria orgânica em cultura de feijão. Campinas: IAC, 1974. 27p. (IAC. Boletim Técnico, 15).
- DIAZ-DURAN, A.; CASTILHO, J. Cuando conviene regar el frijol. Hojas de Frijol para America Latina, Cali, v.5, n.1, p. 1-2, 1983.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.M. Efectos del agua em el rendimento de los cultivos. Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO. Riego & Drence, 33).
- DUBETZ, S.; MAHALLE, P.S. Effect of soil water stress on bush beans *Phaseolus vulgaris* L. at there stoges of growth. Journal of the American Society for Horticultural Science, Mount Vernon, v.94, n.5, p. 479-481, 1969.
- ELLIOTT, A.P.; SMUCKER, A.J.M.; BIRO, G.W. Nematode and dry bean responses to soil tupe and moisture. Agronomy Abstracts, Madson, p.98, 1980. Annual Meeting of the American Society of Agronomy, 72, 1980, Detroit.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F. Estudo da demanda de água do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Goiano Precoce. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 62p. Tese Mestrado.
- FORSYTHE, W.M.; LEGARDA, B.L. Soil water and aeration and red bean production: I - mean maximum soil moisture suction. Turrialba, San Jose, v.28, n.1, p. 81-86, enero/mar. 1978.
- FRIZZONE, J.A.; OLITTA, A.F.L. Consumo de água e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em latossolo vermelho-amarelo. Item, Brasília, v.29, p. 25-29, 1987.
- GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C.; LIMA, C.A.S. Efeito do déficit de água em alguns períodos do ciclo de crescimento sobre o rendimento do feijoeiro comum. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto feijão: relatório 77/78. Belo Horizonte, 1979, p. 25-27.
- GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C.; LIMA, C.A.S. Efeito do déficit de água em alguns períodos do ciclo de crescimento sobre o rendimento do feijoeiro comum. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto feijão: relatório 77/78. Belo Horizonte, 1979, p. 25-27.
- GARRIDO, M.A.T.; TEIXEIRA, H.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região Sul de Minas Gerais. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto feijão: relatório 75/76. Belo Horizonte, 1978, p. 36-42.
- GUZZELLI, R.J. Iniciativas que estimularam o seguimento do plantio de feijão no inverno, com irrigação, e a contribuição inicial do CNPAF. In: REUNIÃO SOBRE FEIJÃO IRRIGADO (GO, DF, MG, ES, SP, RJ), 1, 1988, Goiânia. Anais... Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990. p. 71-81. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 27).
- MACK, H.J.; VARSEVELD, G.H. Response to bush snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to irrigation and plant density. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v.107, n.2, p. 286-290, Mar., 1982.
- MAURER, A.P.; ORMROD, D.P.; SCOTT, N.J. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, v.49, n.3, p. 271-278, 1969.
- PURCINO, J.R.C.; CAIXETA, T.J.; GARRIDO, M.A.T. Efeito da aplicação de quatro lâminas totais de água e três níveis de fertilizantes no rendimento do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) - II. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Projeto feijão: relatório 73/75. Belo Horizonte, 1978, p.30-34.
- RIGITANO, E.J.V. Manual básico de irrigação Asbrasil. São Bernardo do Campo: ASBRASIL, [19--], 51p.
- SILVEIRA, P.M. Estudo de sistemas agrícolas irrigados por aspersão. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1988. 55p. (EMBRAPA. PNP de Feijão. Projeto 002.88.034/2). Projeto em andamento.
- SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.14, n.1, p. 63-67, jan./abr. 1990.
- STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 4p. (EMBRAPA-CNPAF. Pesquisa em Andamento, 47).
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Irrigação do feijoeiro. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1986. 31p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 20).
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. da. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro: I - produtividade. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.23, n.2, p. 161-167, fev., 1988.