

ESTABELECIMENTO DO MOMENTO DE IRRIGAÇÃO EM FEIJÃO BASEADO EM NÍVEIS DE TENSÃO DE ÁGUA EM AREIAS QUARTZOSAS DOS CERRADOS

Kazuo Miyazawa¹
Sebastião Francisco Figuerêdo²
Joaquim Pedro Soares Neto³

SUMMARY - A field experiment with dry season bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was initiated in 1989 on a sandy soil in the Cerrado Experimental Station, San Francisco Branch, EPABA. Generally in Bahia, the yield of Phaseolus bean is lower in the rainy season due to disease injury. This also difficult to plant beans under irrigation in the dry season because the sandy soil, which is distributed over wide areas in the Cerrados of Bahia, shows a low water holding capacity and conductivity. The experimental field was planted with maize in the previous rainy season and plowed deeply with the incorporation of residues after harvest. Five treatments of irrigation points based on the soil water tension at a depth of 10 cm were set up as follows: 0.5, 1, 3, 5 and 10 atm. The volume of irrigation water had been calculated from the value of the tension to a 60 cm depth to provide enough water for the restoration of the field water capacity. The values of the soil water tension were calculated from daily readings of tensiometers and electric resistance in gypsum blocks. The experimental treatments were carried out with four replications and the plot, 3.5 m x 8 m in size was irrigated using a perforated PVC tube held above the plant canopy. Adequate maintenance fertilizer containing nitrogen was applied and inoculated seeds were planted in each plot. The experimental results in 1989 can be summarized as follows: The yields of bean (Carioca) were similar up to the 3 atm treatment, amounting to 1.7 t/ha, and then decreased from the 5 to 10 atm treatments.

¹ Soil Science Specialist, Consultor da JICA.

² Eng.-Agrícola, EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa postal 08223, CEP 73301/970 Planaltina, DF.

³ Eng.-Agr., EPABA/Unidade de Execução de Pesquisa do São Francisco (UEP), Caixa Postal 24, CEP 47800/00 Barreiras, BA.

The total amount of water supplied and the interval of irrigation was about 330 mm and eight days for the 1 atm treatment, respectively. Due to the low water conductivity, the total amount of irrigation water was lower. The 1000 grain weigh which was about 230 g was slightly smaller than normal. As the water uptake by the bean root system did not reach horizons, it was considered that for the cultivation of Phaseolus bean on sandy soil, irrigation should be implemented frequently with a small amount of water until a 40 cm depth.

Key words: Cerrado, sandy soil, irrigation point, Phaseolus bean, soil water tension.

Introdução

No oeste do Estado da Bahia, à margem esquerda do Rio São Francisco, estende-se uma vasta região dos Cerrados constituído por solos originados de sedimentos areno-quartzosos. Recentemente, essa região começou a ser desenvolvida com rapidez, devido a facilidade de aquisição, a preços baixos de extensas áreas agrícolas, com topografia suave, adequadas à mecanização agrícola. Cultiva-se, predominantemente, a soja, já que não existem ainda outras alternativas de cultura, evidenciando a tendência para uma monocultura.

Na Bahia, o cultivo de feijão ocupa uma área correspondente a 10% da área cultivada em todo o território nacional. Contudo, comparada com a de outros Estados, a sua produtividade é baixa, e vem declinando desde 1981 (Azevedo & Caixeta, 1986). Aponta-se como motivo dessa queda a baixa fertilidade do solo arenoso da região, além da facilidade de ocorrência de doenças por ocasião da estação chuvosa. Tendo-se como objetivo conseguir melhor produtividade desta cultura, faz-se necessário que o cultivo seja feito na época seca, utilizando-se a irrigação. A textura franco-arenosa desses solos facilita a drenagem da água, impossibilitando a irrigação por sulcos. Por outro lado, sua topografia suave e rica em recursos hídricos possibilita a utilização de um sistema de irrigação por aspersão, de modo que, recentemente, vem aumentando o número de agricultores que praticam a agricultura irrigada por pivot central em grande escala. No que se refere aos experimentos de irrigação na época seca, Oliveira (1986) conduziu experimentos relativos ao cultivo de feijão na Estação Experimental da UEP São Francisco, EPABA, na região do vale, encontrou como sendo 393 mm a lâmina total de água a ser irrigada, num intervalo de 4 a 8.

Este experimento ainda está em fase de execução, mas em função do término do período de permanência no Brasil do Dr. MIYAZAWA, um dos responsáveis por este trabalho, publica-se o presente relatório parcial sobre os resultados do experimento de 1989, esperando-se que ele sirva de referência aos estudiosos do ramo.

Objetivo

Determinar a influência do momento de irrigação, baseado na tensão de água do solo, sobre a quantidade de água, a produção e os componentes de produção do feijão, irrigado na época seca, em Areia Quartzosa dos Cerrados.

Hipótese

Hillel (1971), em seu livro "Soil and Water", diz o seguinte: Na saturação os solos de maior condutividade hidráulica são aqueles em que os poros se constituem na maior parte do volume poroso, enquanto que os de menores condutividade são os solos no qual o volume de poros se constitui na sua maior parte de microporos. Assim como é conhecido, um solo arenoso conduz água mais rapidamente do que um solo argiloso. Contudo o oposto pode ser verdadeiro quando o solo não está saturado. Em um solo com grandes poros, estes poros se esvaziam rapidamente e se tornam não condutivos a medida que a tensão aumenta decrescendo assim muito rapidamente a condutividade hidráulica inicialmente elevada. Por outro lado, em um solo com pequenos poros, muitos destes poros permanecem cheios e condutivos mesmo a tensão bastante elevada, de tal forma que a condutividade hidráulica não decresce tão rapidamente e pode ser realmente maior do que a condutividade hidráulica de um solo com grandes poros para o mesmo nível de tensão.

Assim, tendo-se em mente as características de condutividade hidráulica num solo arenoso em estado não-saturado, foram conduzidos os experimentos com base nas seguintes hipóteses:

1. Os momentos de irrigação baseados na tensão de água no solo exercem influência direta sobre o crescimento e o rendimento das plantas;
2. Entretanto, uma vez que o sistema radicular das plantas absorve a umidade até 60 cm de profundidade, a quantidade de água a ser

aplicada deve levar em conta a variação de umidade na camada até 60 cm abaixo da superfície;

3. As plantas experimentadas podem aproveitar a umidade até 1 atm;
4. Dado que a condutividade em solos arenosos é baixa e não há fornecimento de água proveniente das camadas inferiores, esses solos ressecam com facilidade, de modo que os momentos de aplicação de água devem ser estabelecidos em pontos mais altos.

Material e Métodos

O trabalho de campo foi conduzido na Estação Experimental do Cerrado da UEP/São Francisco-EPABA, em Areias Quartzosas.

O efeito da tensão de água no solo sobre o feijão no momento das irrigações foi avaliado, estabelecendo-se os seguintes níveis de tensão: 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 e 10 atm, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições.

Tensiômetros e blocos de gesso foram instalados nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60, 80 e 100 cm. A tensão de água no solo na profundidade de 10 cm foi utilizada para indicar o momento das irrigações, uma vez que as maiores variações de umidade se encontram próxima à superfície do solo.

A quantidade de água aplicada em cada irrigação foi calculada considerando-se a variação de umidade do solo até a profundidade de 60 cm.

As irrigações foram feitas através de mangueiras conectadas a tubos de PVC perfurados, simulando uma chuva, em parcelas de dimensões de 3,5 m por 8 m. A quantidade de água aplicada foi medida através de hidrômetros, com precisão de um litro.

Com o objetivo de se aumentar a capacidade de retenção de água e a fertilidade do solo, foram incorporados resíduos culturais de milho, numa camada de 30 cm de profundidade, por meio de arado de aiveca.

A variedade de feijão utilizada foi a Carioca, a qual foi semeada após ter sido bem misturada com o inoculante. Após a emergência, foi feito um desbaste deixando-se 20 plantas/m². Por ocasião da semeadura do milho na estação chuvosa foram aplicados 0,91/ha de calcário e 100 kg/ha de P₂O₅ na adubação de correção. A adubação de manutenção foi de 100 kg/ha de P₂O₅ e K₂O, sob forma de Superfosfato simples e Cloreto de Potássio. Com relação ao N, foram aplicados, sob forma de uréia, 20 kg/ha logo após a emergência, e mais 40 kg/ha antes da floração. A semeadura foi realizada no dia 2 de junho e a colheita, no dia 26 de agosto de 1989.

A Estação Experimental do Cerrado da UEP/São Francisco situa-se a 60 km, na direção oeste de Barreiras, à margem direita do Rio das Pedras, que corre sobre uma vasta área de chapada. A E.E. Cerrado fica localizada numa área plana, um pouco acima da margem do rio. Uma bomba é utilizada para captar a água do Rio das Pedras e essa água é armazenada numa torre com dois reservatórios de 1.000 litros no campo experimental.

A Tabela 1 apresenta as características físicas do solo. Este é constituído, em todo o seu perfil, por sedimentos areno-quartzosos quase sem diferenciações. Seu teor de argila é de 15 a 20% e, o de areia é em torno de 80%, e segundo Grupamento de Classes de Textura classifica-se como solo arenoso (SNLCS, 1979).

TABELA 1 - Análises físicas do solo antes do plantio de feijão 89, EPABA.

Camada	Profundidade (cm)	Argila	Silte	Areia		Classificação textural	Densidade	
				Areia fina	grosseira		Global (g/cc)	Real (g/cc)
AP	0-12.5	15	1	50	34	arenoso-franco	1.49	2.7
A	12.5-20	15	1	45	39	arenoso-franco	1.48	2.7
Cl	30 - 40	18	1	55	26	franco-arenoso	1.51	2.7
Cl	40 - 50	19	1	59	21	franco-arenoso	1.48	2.7
Cl	60 - 70	19	1	53	27	franco-arenoso	1.47	2.7
C2	70 - 80	20	1	57	22	franco-arenoso	1.49	2.7
C2	90 - 100	22	1	57	20	franco-argilo-arenoso	1.47	2.7
C2	110 - 120	22	1	59	18	franco-argilo-arenoso	1.50	2.7

Segundo o mapa do Levantamento de Recursos Naturais do Brasil, nessa área se distribui o Latossolo Vermelho-Amarelo, mas pela textura apresentada na Tabela 1, está evidente que se trata de Areias Quartzosas. Esta classe compreende solos com sequência de horizontes A e C, de textura arenosa, excessivamente drenados, muito profundos, moderada e fortemente ácidos, de fertilidade natural baixa com saturação de bases variando de 8 a 38% e saturação com alumínio trocável entre 25 e 80% (MME/SF/Projeto RADAM BRASIL, 1982).

Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra a relação entre a densidade global e a permeabilidade desse solo. A permeabilidade decresce vertiginosamente quando a densidade global ultrapassa 1,5. Calcula-se que o solo original se encontre muito

denso em todo o perfil, de modo que é preciso melhorar as características físicas do solo por meio de uma aração profunda acompanhada de incorporação de restos culturais.

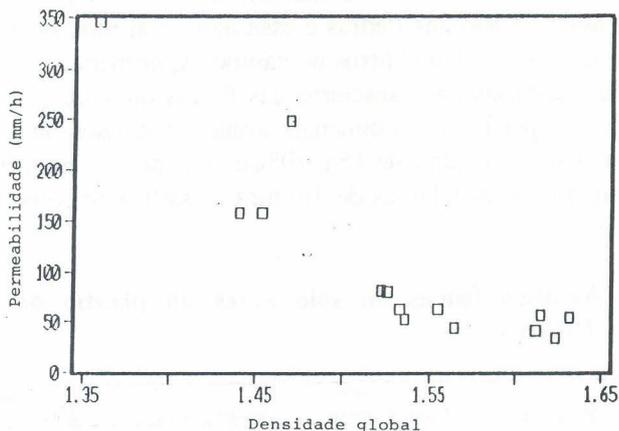


FIG. 1 - Densidade global e permeabilidade, feijão 89, EPABA

A Figura 2 apresenta a relação entre a umidade e a tensão de água no solo, determinada pelo método da centrífuga em cápsulas de 100 cc. Quando a tensão ultrapassa uma atm, o volume de água extraído da amostra diminui repentinamente (Freitas Junior, E. & Silva, E.M. da, 1987).

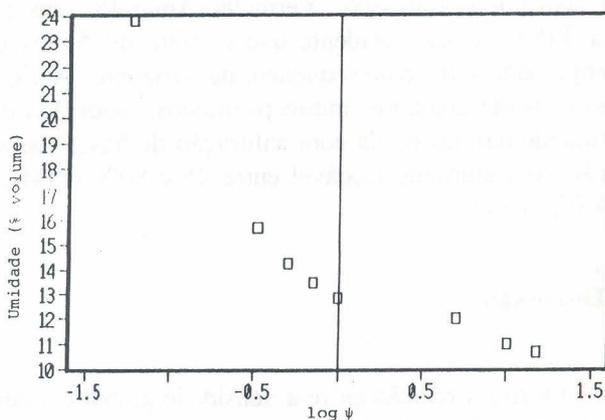


FIG. 2 - Umidade e tensão (atm), Laboratório, 89, EPABA

O cálculo da quantidade de água a ser aplicada é relacionada com a tensão de água no solo. Esse cálculo é feito utilizando-se os dados da curva característica do solo (Figura 2). No entanto, à curva característica determinada pelo método da centrifuga tende a indicar valores de umidade um pouco maiores do que aquelas determinadas em campo, em relação a uma mesma tensão.

Sendo assim, antes com o intuito de obter a equação para determinar a umidade no solo, retirou-se da camada C do solo original uma amostra de solo, a qual foi colocada em vaso de 200 cm² de seção transversal e 15 cm de profundidade. Nesse vaso foi instalado um tensiômetro e um bloco de gesso, a 10 cm de profundidade. A tensão (atm) medida por esse tensiômetro e a resistência elétrica (K-ohm) desse bloco de gesso, foi relacionada com o teor de umidade do solo. Inicialmente, ao acomodar a terra para atingir 1,5 g/cm³ de densidade global, esta ficou além do pré-estabelecido, a ponto de sua superfície, quando seca, apresentar aspecto de concreto, o que prejudicou a aeração e o movimento de água no solo dentro do vaso, de modo que foi necessário corrigir a densidade para 1,35. Depois de se medir a umidade em peso, foi feita a estimativa da umidade em volume, com a densidade 1,5. Levando-se também em consideração a tendência observada na Figura 2, foram obtidas as fórmulas para fazer a estimativa de umidade por meio da tensão de água no solo, como se seguem:

$$\theta = 9,37 - 5,06 \log \gamma \dots\dots (1)$$

$$\theta = 10,17 - 0,89 \log \omega \dots\dots (2)$$

$$\theta = 9,37 - 1,85 \log \gamma \dots\dots (3)$$

onde θ é a umidade do solo em volume, γ é a tensão (atm) de água no solo e ω é a resistência elétrica (K-ohm) do bloco de gesso. A fórmula (1) é aplicada para tensões de água no solo inferiores a 1 atm, enquanto que a fórmula (2) é utilizada para tensões superiores a 1 atm. Com base nas fórmulas (2) e (3), com a tensão de uma atm, obtém-se 9,4% de umidade e 7,9 K-ohm de resistência elétrica no bloco de gesso; com 3 atm, a tensão e a resistência elétrica são, respectivamente, 8,5% e 78 K-ohm, com 5 atm, 8,1% e 224 K-ohm, com 10 atm, 7,5% e 950 K-ohm.

A Figura 3 mostra a relação entre a umidade e a tensão de água (atm) determinada por meio de tensiômetro. A Figura 4 indica a relação entre a

resistência elétrica (K-ohm) do bloco de gesso e a umidade. Com base nas Figuras 3 e 4 pode-se obter as fórmulas de relação (4) e (5) para o cálculo de umidade em campo:

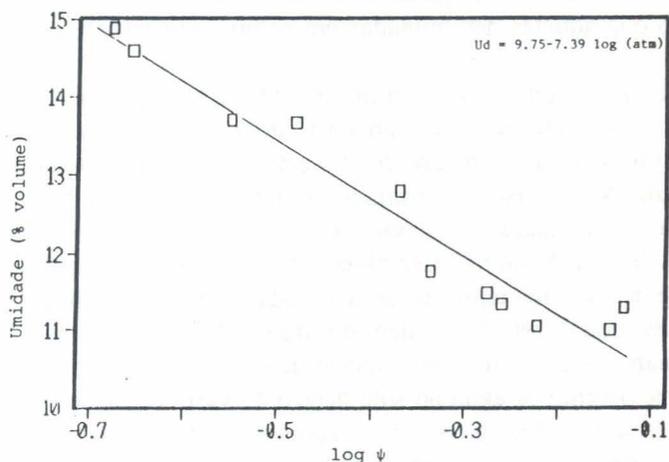


FIG. 3 - Campo experimental de feijão 89, EPABA.

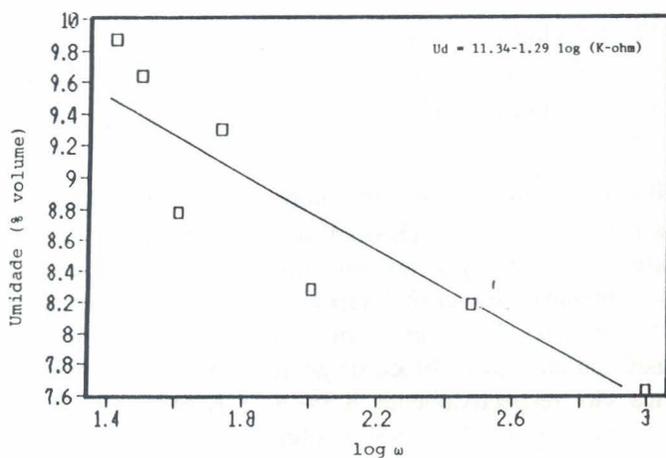


FIG. 4 - Campo experimental de feijão 89, EPABA.

$$\theta = 9,75 - 7,93 \log \gamma \dots\dots (4)$$

$$\theta = 11,34 - 1,29 \log \omega \dots\dots (5)$$

A Figura 5 indica a relação entre a tensão de água calculada com base nas fórmulas (4) e (5) e a umidade em volume. Ela se assemelha muito com a curva encontrada em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (Azevedo, 1981). A água disponível no solo, entre 10 atm até a capacidade de campo, é de cerca de 12%, que é um pouco inferior, se comparado com os 14% de LE argiloso registrados no CPAC, porém a água disponível entre 1 atm até a capacidade de campo é de 9%, um pouco maior que os 7% do LE argiloso, de modo que há mais poros para reter a água de irrigação. Teme-se, no entanto, que a água irrigada não seja retida nas camadas do solo, mas, como já foi dito, em situação de não-saturação de água, os vasos capilares são cortados, impedindo a movimentação de água. O problema do consumo de água das plantas em solos arenosos se situaria, embora pudesse parecer contraditório, na má movimentação de água dentro do solo arenoso.

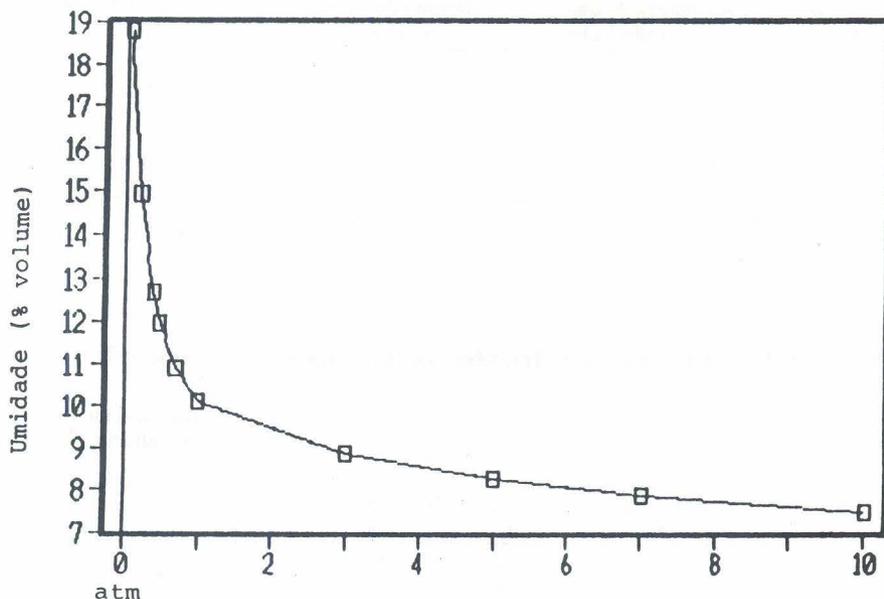


FIG. 5 - Curva de umidade de solo, feijão 89, EPABA

Rendimento e Componentes de Produção

A Tabela 2 apresenta o rendimento e os componentes de rendimento do feijão. A produção de grãos não apresenta diferenças significativas entre os tratamentos com tensões inferiores a 3 atm. Os tratamentos com tensões acima de 5 atm mostram uma diminuição em comparação com os tratamentos a 3 atm ou menos, com diferenças significativas com a precisão acima de 1%. Com relação aos componentes de produção, nota-se que não há diferença entre os tratamentos.

A Tabela 3 mostra o conteúdo de nutrientes em folhas da parte superior do feijoeiro na época da floração (Tabela 3).

TABELA 2 - Feijão, safra 89, EPABA.

Tratamento atm	Rendimento de grão		Número de vagem por planta	Peso de 100 grãos (g)
	Peso de palha kg/ha			
	*			
0.5	1717 a	1679	13.3	23.6
1	1757 a	2043	10.0	22.8
3	1657 a	1823	10.5	23.4
5	1309 b	1666	11.3	23.0
10	1023 c	1200	10.3	23.5

CV: 9.7%
DMS 0.05 223 kg/ha
0.01: 313 kg/ha

Variedade: Carioca
Data colheita: 29/08/89

TABELA 3 - Conteúdo de nutrientes da folha na época da floração.

Tratamento atm	% de matéria seca				
	N	P	K	Ca	Mg
0.5	5.16	0.34	1.81	1.63	0.68
1	4.85	0.34	1.81	1.68	0.66
3	4.93	0.35	1.91	1.79	0.66
5	5.00	0.35	1.84	1.73	0.66
10	4.94	0.35	1.78	2.00	0.82

Feijão, safra 89, EPABA
Data colheita: 24/07/89

A Tabela 4 mostra a quantidade total de nutrientes absorvidos no tratamento a 1 atm. A quantidade total absorvida de cada um dos nutrientes é alta, mas está equilibrada com a quantidade de adubos aplicados. Apesar de ter sido feita inoculação das sementes deste experimento, a nodulação não foi boa, se bem que a quantidade total de absorção do N é superior à quantidade de N aplicado, que foi de 60 kg/ha. Isso indica que, mesmo em solos arenosos, não houve perda de N devido as irrigações, bem como houve fornecimento de N através das palhas de milho incorporadas no solo.

A Tabela 5 apresenta as variações do conteúdo de nutrientes no solo original e no solo após a colheita de feijão.

TABELA 4 - Quantidade de nutrientes absorvidos na parte aérea do feijoeiro no tratamento a 1 atm.

**Feijão, safra 89, EPABA
Data coleta: 29/08/89**

Matéria	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	kg/ha				
palha	66.4	18.2	27.1	5.7	6.7
grão	27.6	6.0	50.8	50.6	24.2
total	94.0	24.2	77.9	56.3	30.9

TABELA 5 - Conteúdo de nutrientes antes e após a colheita de feijão 89, EPABA.

Data colheita: 13/09/88, 12/09/89

Camada	Profundidade cm	Matéria orgânica %	pH H ₂ O	Cations trocáveis				P Mehlich ppm
				Ca*	Mg*	K**	Al	
								meq/100ml
Campo original								
Ap	0-12.5	1.23	5.2	0.55	0.17	0.06	0.58	16.6
A	-20	1.23	5.2	0.48	0.18	0.04	0.68	4.9
Cl	-40	0.74	5.2	0.12	0.06	0.01	0.67	3.3
Após colheita a 1 atm no bloco 3								
Ap	0-15	0.91	5.6	1.87	1.19	0.09	0.00	43.6
A	-30	1.11	5.6	1.78	1.09	0.09	0.00	49.8

* EDTA

** Mehlich

Quantidade de Água Aplicada e Movimento após Irrigação

A Tabela 6 apresenta a quantidade total de água aplicada e os intervalos de irrigação. A quantidade total de água aplicada foi de 335 mm a 1 atm, em intervalos de seis a oito dias e quando essa quantidade foi inferior a 300 mm, observou-se uma diminuição no crescimento das plantas. Frizzone, J.A. (1987) relata a respeito da interação entre N e a quantidade de água irrigada, apontando que se conseguiu o rendimento máximo com a aplicação de 120 kg/ha de N e 500 mm de água irrigada. Em comparação com esse relato, as quantidades encontradas na Tabela 6 são baixas. Em Latossolo Vermelho-Escuro, o ciclo de feijão é de cerca de 100 dias, e a quantidade total de água aplicada a 1 atm é de 450 mm. Mesmo comparando com esses números, a quantidade de água aplicada (Tabela 6) é baixa, e o seu ciclo, de 85 dias, é extremamente curto.

TABELA 6 - Quantidade de água irrigada e de chuva.

**Feijão, safra 89, EPABA
Variedade: Carioca**

Descrição	Tratamento (atm)				
	0.5	1	3	5	10
Água total aplicada	356.0	334.6	315.1	293.1	224.3
Intervalo de julho	5-6	6-7	8	9-10	14
irrigação (dia) agosto	7	8	8	11	17

A Figura 6.1 apresenta o movimento de água no solo após cada irrigação para o tratamento a 1 atm, na época da floração, entre 22 e 28 de julho. É interessante notar que o conteúdo de água na camada de 60 cm de profundidade manteve-se a 10%, o que corresponde à tensão de água a uma atm. Essa camada parece tornar-se impermeável nesta situação. A água aplicada no dia 21 de julho atingiu essa camada aos poucos e ficou retida nela; no dia 23 de julho começou a aumentar o conteúdo de água da camada superior. Depois disso, o conteúdo de água começou a diminuir gradativamente e de modo generalizado na camada de até 40 cm abaixo da superfície, de modo que no dia 27 de julho chegou até 0,7 atm de conteúdo de água na camada a 10 cm de profundidade. A 28 de julho, somente a camada que fica a 10 cm de profundidade mostra a diminuição de até umidade 10 volume %, que corresponde a 1 atm. Em outras palavras, isso significa em termos práticos, que

a irrigação pode ser iniciada um dia depois que a tensão de água na camada de 10 cm atinge 0,7 atm. Quando isto ocorre o tensiômetro pára de funcionar. De acordo com a Figura 6.1, presume-se que o sistema radicular do feijão absorva a água até 40 cm de profundidade, de modo que a quantidade de água a ser aplicada poderá ser calculada tendo-se em mente o movimento de água até 40 cm de profundidade.

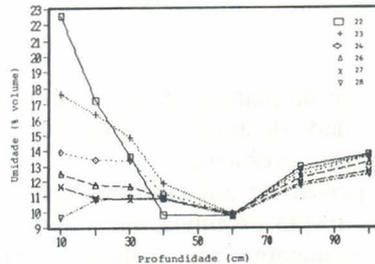


FIG. 6.1 - Mudança de água após irrigação 1 atm, julho, feijão 89, EPABA

A Figura 6.2 mostra o movimento de água após irrigação com o tratamento a 3 atm, no mesmo período entre 22 e 28 de julho. Nessa parcela, o ressecamento está adiantado, e a tensão de água na camada entre 20 cm e 80 cm se mantém acima de 1 atm e por não haver infiltração de água, não

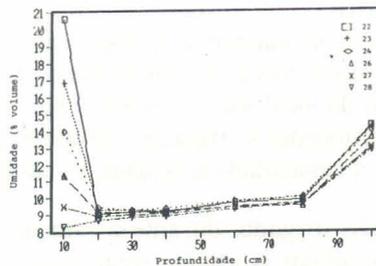


FIG. 6.2 - Mudança de água após irrigação 3 atm, julho, feijão 89, EPABA

existe movimento de água. A água irrigada no dia 21 de julho retém-se na camada entre 0 e 20 cm e é consumida aos poucos, a 26 de julho atinge 0,7 atm de tensão, no dia 27 de julho registra 1 atm e a 28 de julho o conteúdo de água chega a ser inferior a 9% com 3 atm. Nesse caso, a irrigação também pode ser iniciada dois dias depois quando a tensão de água a 10 cm de profundidade alcançar 0,7 atm. A água se movimenta somente na profundidade até 20 cm, mas isso não chega a afetar o rendimento do feijão. Entretanto, esse ponto constitui o limite, de modo que o momento ideal de irrigação é de 1 atm, a fim de se conseguir uma produção estável.

Conclusões

No que se refere ao cultivo de plantas em solos arenosos, o problema maior se situa na má condutividade de água, de modo que se faz necessário procurar medidas para superar esse problema:

Primeiramente, pode-se pensar no aumento dos limites de alcance do sistema radicular por meio da aração profunda, fazendo com que o sistema radicular se desenvolva e conseqüentemente melhore o aproveitamento da água disponível.

Em segundo lugar, para haver melhor aproveitamento da água, aplicada, esta deve ser concentrada, principalmente na região próximos ao sistema radicular. Para tanto, o cálculo da quantidade de água a ser aplicada deve ser efetuada levando-se em conta o movimento de água na camada de solo onde se encontra a maior concentração de raízes.

Para promover uma melhor nodulação, deve se evitar tanto o excesso de umidade quanto deficit hídrico na área do sistema radicular, e para tanto é preciso manter na profundidade adequada a camada a ser irrigada, ou seja, local por onde se distribuem as raízes, e fazer com que a umidade tenha mudanças dentro de certos limites, de modo a não provocar excessos tanto de umidade quanto de deficit hídrico.

Em solos arenosos, quando se mantém a umidade abaixo de 1 atm por algum tempo, essa área endurece e torna-se impermeável. Para evitar tal situação, deve-se medir a tensão do local mais próximo a superfície, e ao notar que ela atinge 1 atm, deve-se proceder a irrigação, de modo que a área onde fica o sistema radicular atinja a capacidade adequada ao campo. Resumindo:

1. Para o cultivo de feijão irrigado, durante a estação seca, num solo arenoso, é preciso consolidar o sistema rotativo, a longo prazo, que inclua a incorporação de restos da cultura da estação chuvosa e aplicações regulares de calcário;

2. A medição da tensão de água no solo para fins de estabelecimento do momento de irrigação deve ser feita na profundidade 10 cm;
3. O momento de irrigação para o cultivo de feijão deve ser a 1 atm;
4. A quantidade de água a ser aplicada deve ser calculada levando-se em consideração a profundidade de 40 cm.
5. Para o cultivo de feijão irrigado durante a estação seca, é preciso haver, além da inoculação, uma quantidade pequena de N no plantio, uma vez que os nódulos têm baixa atividade em solos arenosos, é necessária a aplicação complementar de pequena quantidade de N na época da floração.

Agradecimentos

Para a consecução do presente trabalho, contou-se com o aconselhamento e apoio dos colegas pesquisadores da EMBRAPA/CPAC, Dr. Elias de Freitas Junior, Dr. Dimas Vital S. Resck e Dr. Jamil Macêdo, na definição do tipo do solo como sendo Areias Quartzosas bem como no planejamento e execução de experimentos sobre a fisiologia de solos arenosos. Em campo, contou-se com o apoio e conselhos do Dr. José Joaquim Santana e Silva e do Dr. Giderval de Carvalho Brito, respectivamente Chefe e Coordenador da UEP/São Francisco-EPABA. Coube ao Técnico Agrícola Sr. Dogival de Carvalho Brito a condução do experimento na E.E.Cerrado. Os Técnicos Agrícolas da EMBRAPA/CPAC, Sr. José Antônio de Silva e Sr. Lúcio Feitosa deram assistência e conselhos constantes no decorrer dos experimentos. Sr. José Roberto Leopoldino, Técnico do Setor de Irrigação da EMBRAPA/CPAC, deu assistência e aconselhamento na área do sistema de irrigação de campo. No que se refere aos entendimentos entre JICA e EMBRAPA e na obtenção de equipamentos e materiais de pesquisa, encarregaram-se dessa tarefa Dr. Bunkichiro Watanabe, Líder do Grupo Japonês da JICA/EMBRAPA/CPAC, seu Coordenador Dr. Yoshimune Nihei, bem como a secretária da EMBRAPA/CPAC Sra. Nair Seiko Hayashida. A todos eles que assim colaboraram conosco, registramos os nossos melhores agradecimentos.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J.A. de; FREIRE, J.C.; SILVA, E.M. da. Características físico-hídricas importantes para a irrigação de solos representativos dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11, 1981. Brasília. Anais ... Brasília: [s.n], 1983. v.2, p.843-844.
- AZEVEDO, J.A. de; CAIXETA, T.J. **Irrigação do feijoeiro**. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986. 60p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 23).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**: folha sd. 23 Brasília. Rio de Janeiro, 1982. v.29, p.361-364.
- FREITAS JUNIOR, E.; SILVA, E.M. da. Caracterização, modificações sob cultivo e variabilidade espacial das propriedades físicas dos solos dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina,DF). **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-85**. Planaltina, 1987. p.206- 208.
- FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta do feijoeiro ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Campinas, p.123-133, 1987.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Fósforo**. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC: São Paulo: Nobel, 1986. p.159.
- HILLEL, D. Soil and water; physical principles and processes. New York: Academic Press, 1971. p.105.
- MAGALHÃES, J.R.; MILLAR, A.A. Efeito do deficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13,(n.2), p.55-60, 1978.
- OLIVEIRA, F.A. de. **Irrigação de diferentes cultivos no Município de Barreiras, Bahia**. Salvador; 1978. (EPABA, Comunicado Técnico, 6). Citação de "Resumo de Trabalhos, EPABA, 1986", p.90.
- REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO, 10, 1979, Rio de Janeiro. **Súmula**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. P.9 (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

- SOUSA, D.M.G. de; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. de. **Correção da acidez do solo**. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC: São Paulo: Nobel, 1986. p.99-127.
- VILELA, L.; SILVA, J.E. da; RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G. de. **Potássio**. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC: São Paulo: Nobel, 1986. p.203-222.

COMPLEMENTAÇÃO:
Umidade do Solo

TABELA 7.1. Umidade do solo (volume %) 1 atm, feijão 89, EPABA

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
6	2	Depois do plantio							20.0
6	6	Depois da germinação							20.0
6	10								20.0
6	14								20.0
6	16	21.3	21.2	20.4	19.0	18.3	17.5	17.8	
6	17	19.3	19.0	19.4	18.9	18.2	17.4	17.0	
6	18	18.3	18.8	19.0	18.6	17.8	17.5	18.0	
6	19	16.9	18.1	18.6	18.4	17.7	17.6	18.2	
6	20	15.6	17.9	18.2	18.1	17.5	17.5	17.8	
6	21	14.0	17.6	18.1	17.9	17.5	17.6	17.9	
6	22	12.8	16.9	17.7	17.7	17.3	17.4	17.8	
6	23	12.0	16.0	17.4	17.4	17.1	17.3	17.7	
6	24	12.9	15.0	14.5	17.2	17.1	17.0	17.6	
6	25	11.1	14.0	16.7	16.9	17.0	17.1	17.6	
6	26	10.9	12.4	16.2	16.6	16.7	16.9	17.3	8.5
6	27	11.7	12.8	15.8	16.4	16.7	16.8	17.3	
6	28	12.8	12.9	15.3	16.0	16.4	16.6	17.0	2.0
6	29	12.5	12.9	15.1	15.9	16.4	16.6	17.0	2.5
6	30	13.5	11.7	16.5	15.4	16.3	16.6	17.0	
7	1	12.7	11.0	17.4	14.6	16.2	16.5	17.0	
7	2	9.7	10.8	13.8	15.4	16.0	16.3	16.8	23.7
7	3	18.9	14.3	13.7	14.1	15.9	16.2	16.6	
7	4	15.7	13.9	13.8	13.8	15.7	16.0	16.4	
7	5	12.9	14.4	13.6	13.5	15.5	15.9	16.3	
7	6	11.5	13.3	12.7	12.6	15.4	15.9	16.3	
7	7	11.1	11.8	11.9	11.8	15.2	15.8	16.2	
7	8	10.9	11.4	11.1	11.0	14.5	15.8	16.3	30.9
7	9	24.9	11.1	11.5	13.8	12.8	15.7	16.2	
7	10	18.9	13.3	11.7	11.3	14.6	15.6	16.1	
7	11	15.0	13.5	11.8	11.3	13.9	15.4	16.0	
7	12	13.1	14.0	11.9	11.0	14.6	15.2	15.7	
7	13	12.0	12.3	11.4	10.9	13.5	15.1	15.5	
7	14	13.1	12.6	11.7	10.8	13.2	15.0	15.5	
7	15	9.5	10.4	10.2	10.1	11.9	17.3	15.1	34.1
7	16	21.2	18.4	15.8	9.8	12.0	14.4	15.1	
7	17	15.9	16.0	15.3	9.9	12.2	14.2	14.9	
7	18	13.1	14.8	14.8	10.1	11.8	13.9	14.6	
7	19	12.8	14.1	13.8	9.9	11.8	13.7	14.5	
7	20	12.0	11.6	11.5	9.8	10.1	13.3	14.1	
7	21	9.3	11.5	11.0	9.7	9.9	12.7	13.7	34.4

Continuação

TABELA 7.1 - Umidade do solo (volume %) 1 atm, feijão 89, EPABA.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
7	22	22.5	17.2	13.6	9.8	9.7	12.9	13.7	
7	23	17.6	16.3	14.8	11.9	9.8	12.7	13.6	
7	24	13.9	13.4	13.3	11.2	9.9	12.4	13.5	
7	25	13.3	13.4	13.2	11.0	9.9	12.4	13.4	
7	26	12.5	11.8	11.6	10.9	9.9	12.2	13.2	
7	27	11.7	10.8	10.8	10.9	9.8	11.9	12.6	
7	28	9.6	10.8	10.9	10.8	9.7	11.7	12.4	34.3
7	29	22.5	19.4	17.6	12.8	9.8	11.9	12.5	
7	30	19.2	17.1	16.0	12.1	9.9	11.8	12.7	
7	31	17.6	15.8	15.2	11.7	9.9	11.6	12.6	15.0
8	1	23.0	23.5	21.8	19.9	12.4	12.1	13.3	
8	2	19.6	19.3	19.0	18.5	11.8	11.9	13.1	
8	3	17.2	17.2	16.7	17.3	11.8	11.9	11.4	
8	4	15.5	15.7	15.9	16.0	11.8	12.0	13.1	
8	5	14.0	13.6	13.6	14.6	11.8	11.9	13.0	
8	6	13.0	12.2	12.3	13.3	11.2	11.3	12.9	
8	7	13.6	11.5	11.6	11.9	11.6	11.8	12.8	
8	8	13.5	10.9	11.0	11.0	11.5	11.7	12.6	
8	9	9.3	11.1	10.7	10.9	11.4	11.8	12.5	34.4
8	10	20.9	19.0	12.3	14.9	11.4	13.3	13.0	
8	11	17.2	14.4	12.5	13.0	11.3	12.1	12.5	
8	12	15.9	13.4	12.3	11.8	11.3	11.8	12.3	
8	13	15.5	11.6	11.1	11.1	11.2	11.6	12.1	
8	14	12.1	10.8	10.9	10.9	11.1	11.4	12.0	
8	15	13.9	10.8	10.8	10.8	10.0	11.4	11.9	
8	16	13.4	10.6	10.7	10.8	9.8	13.5	11.7	
8	17	9.5	10.8	10.0	9.8	9.6	11.5	11.7	35.1
8	18	21.2	17.9	13.0	15.1	9.8	12.6	12.1	
8	19	18.8	15.5	13.7	14.2	10.0	11.8	11.9	
8	20	18.3	14.9	13.0	13.1	10.1	11.6	12.0	
8	21	18.0	15.3	11.0	11.9	11.1	11.5	11.7	
8	22	17.7	15.4	11.9	11.3	11.4	11.5	11.8	
8	23	17.7	16.2	11.9	11.2	11.3	11.6	12.0	
8	24	16.9	17.0	12.8	11.1	11.2	11.4	11.8	
8	25	16.4	14.9	13.4	11.1	11.2	11.4	12.1	
8	26	14.5	14.1	13.0	11.1	11.2	11.3	11.8	

TABELA 7.2 - Umidade do solo (volume %) 3 atm, feijão 89, EPABA.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
6	2	Depois do plantio							20.0
6	6	Depois da germinação							20.0
6	10								20.0
6	14								20.0
6	16	21.2	20.9	19.8	18.6	17.5	18.2	15.9	
6	17	19.3	19.6	19.6	18.6	17.5	17.4	16.1	
6	18	18.4	19.1	19.0	18.5	17.5	17.2	16.4	
6	19	17.5	18.6	18.8	18.2	17.7	17.1	16.8	
6	20	16.6	18.1	18.3	17.9	17.5	17.1	16.9	
6	21	16.0	17.9	18.1	17.8	17.7	17.3	17.1	
6	22	15.1	17.5	17.7	17.6	17.5	17.2	17.1	
6	23	14.6	17.0	17.3	17.2	17.4	17.2	17.0	
6	24	13.5	16.5	17.0	17.1	17.2	17.2	17.0	
6	25	12.9	16.0	16.7	16.9	17.3	17.1	16.9	
6	26	12.1	15.4	16.2	16.6	17.0	16.9	16.9	8.5
6	27	13.2	15.0	15.8	16.3	16.9	16.9	16.9	
6	28	13.8	14.8	15.5	16.1	16.7	16.8	16.4	2.0
6	29	14.1	14.6	15.3	15.9	16.6	16.5	16.3	2.5
6	30	13.9	14.4	14.9	15.8	16.6	16.7	16.7	
7	1	13.5	14.0	14.1	15.4	16.4	16.5	16.5	
7	2	12.0	13.1	13.4	15.1	16.3	16.3	16.3	
7	3	10.1	12.4	12.7	14.8	16.4	16.4	16.4	
7	4	9.3	12.0	12.4	14.3	16.1	16.3	16.3	
7	5	8.7	11.6	12.0	13.7	16.0	16.0	16.1	27.7
7	6	21.2	12.6	12.7	13.3	16.2	16.0	16.1	
7	7	17.6	13.6	12.7	13.1	15.8	15.7	15.9	
7	8	14.9	13.3	12.0	12.6	15.6	15.6	15.9	
7	9	13.5	13.0	11.6	12.2	15.6	15.6	15.7	
7	10	12.2	12.2	11.7	11.6	15.5	15.5	15.6	
7	11	11.4	11.4	11.6	11.1	15.3	15.5	15.5	
7	12	9.5	11.2	11.4	10.9	15.1	15.4	15.5	
7	13	8.5	9.5	11.9	10.8	14.9	15.3	15.5	32.3
7	14	20.4	9.5	10.5	10.9	14.8	15.3	15.4	
7	15	16.8	9.7	10.4	10.0	14.6	15.1	15.2	
7	16	14.9	9.8	10.0	10.0	14.4	14.8	15.0	
7	17	13.4	9.8	10.0	9.9	14.1	14.8	15.0	
7	18	12.1	9.6	10.1	9.9	13.4	14.9	15.4	
7	19	9.7	9.2	9.6	9.8	13.2	14.7	14.8	
7	20	8.6	9.1	9.4	9.5	11.0	14.6	14.5	
7	21	8.1	8.9	9.3	9.2	9.9	9.9	14.1	37.4

Continuação

TABELA 7.2 - Umidade do solo (volume %) 3 atm, feijão 89, EPABA.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
7	22	20.6	9.0	9.2	9.1	9.7	9.9	14.3	
7	23	16.9	9.3	9.3	9.2	9.8	10.1	14.2	
7	24	14.0	9.4	9.3	9.4	9.8	10.1	14.0	
7	25	12.5	9.4	9.3	9.4	9.8	10.0	14.2	
7	26	11.3	9.1	9.2	9.2	9.5	9.5	13.6	
7	27	9.5	8.9	9.0	9.1	9.5	9.7	13.0	
7	28	8.3	8.7	8.9	8.9	9.4	9.6	12.9	36.6
7	29	21.5	13.7	9.3	9.0	9.4	9.7	13.0	
7	30	18.2	15.8	9.1	9.5	9.5	9.8	13.3	
7	31	16.5	14.6	11.2	10.0	9.5	9.9	14.1	15.0
8	1	21.2	21.8	18.0	10.0	9.6	13.7	13.8	
8	2	18.7	18.5	17.1	11.4	9.6	13.4	13.7	
8	3	15.7	17.2	15.1	11.3	9.7	13.4	13.6	
8	4	13.9	16.2	13.7	11.2	9.7	13.5	13.3	
8	5	11.8	14.4	11.7	11.1	9.7	13.4	13.0	
8	6	11.2	12.9	11.0	11.0	9.7	13.3	12.7	
8	7	11.0	12.1	10.9	10.5	9.6	13.3	12.4	
8	8	9.9	11.3	10.8	10.0	9.5	9.7	12.1	
8	9	9.0	10.9	10.8	10.0	9.4	9.5	9.8	
8	10	8.3	9.6	10.3	9.5	9.2	9.4	9.7	36.5
8	11	15.5	11.2	9.5	10.9	9.2	9.4	9.5	
8	12	13.2	11.6	9.5	10.8	9.1	9.4	9.7	
8	13	11.6	11.4	9.4	10.7	9.1	9.3	9.7	
8	14	10.8	10.9	9.2	10.8	9.1	9.2	9.5	
8	15	10.8	10.9	9.1	9.9	9.1	9.2	9.5	
8	16	9.8	9.1	9.0	9.3	9.0	9.1	9.4	
8	17	8.9	8.8	9.0	8.9	9.0	9.1	9.3	36.9
8	18	18.4	17.2	9.0	9.7	9.0	9.1	9.3	
8	19	15.4	15.8	9.1	10.0	9.0	9.1	9.5	
8	20	13.5	14.6	9.2	10.8	9.1	9.2	9.6	
8	21	11.9	13.6	9.3	10.8	9.1	9.3	9.6	
8	22	11.7	13.3	9.4	11.0	9.2	9.3	9.7	
8	23	11.4	12.8	9.4	1+0	9.3	9.4	9.7	
8	24	11.0	12.1	9.3	9.9	9.3	9.4	9.8	
8	25	10.8	11.3	9.8	9.3	9.3	9.4	9.5	
8	26	9.3	10.8	9.2	9.6	9.2	9.4	9.8	