EFEITO DAS PROFUNDIDADES DE SEMEADURA E DE
MOLHAMENTO DO SOLO SOBRE O ESTABELECIMENTO DO
ESTANDE E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO FEIJÃO
(Phaseolus vulgaris. L.)

STTELA DELLYZETE VEIGA FRANCO DA ROSA
-Engenheira Agrícola

Orientador: Paulo Leonel Libardi

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Irrigação e Drena
gem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1990

R788e Rosa, Sttela Dellyzete Veiga Franco da
Efeito das profundidades de semeadura e de molhamento do solo sobre o estabelecimento do estande e desenvolvimento da cultura do feijão (Phaseolus vulgaris, L.).Piracicaba, 1990.
80p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Feijão - Germinação - Efeito da irrigação 2. Feijão - Irrigação - Manejo 3. Feijão - Irrigação - Profundidade 4. Feijão - Semeadura - Profundidade I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 635.652

EFEITO DAS PROFUNDIDADES DE SEMEADURA E DE
MOLHAMENTO DO SOLO SOBRE O ESTABELECIMENTO DO
ESTANDE E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO FEIJÃO
(Phaseolus vulgaris. L.)

STTELA DELLYZETE VEIGA FRANCO DA ROSA

Aprovada em: 16.08.90

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Fernando L.Olitta	ESALQ/USP
Prof. Dr. Marcos Vinicius Folegatti	ESALQ/USP
Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova	ESALQ/USP

Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI

Orientador

A meus pais,

OFEREÇO

Ao meu esposo Manoel, apoio
absolutamente indispensável.
Ao meu filho Renan.
À minha inesquecível filha
Vívian.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos e profundo reconhecimento a todos aqueles que envidaram esforços no sentido de colaborar com a execução deste trabalho, seja com orientações, ensinamentos, amizade, companheirismo, estímulo, cooperações, apoio financeiro, enfim tudo aquilo que veio contribuir para esta oportunidade de crescimento, especialmente às seguintes pessoas e entidades:

- ao meu orientador, Prof.Dr.Paulo Leonel Libardi;
- aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, em especial ao colega Durval Dourado Neto;
- ao coordenador do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Prof.Antonio Fernando L. Olitta;
- ao Técnico Agrícola do Departamento de Agricultura e Horticultura, Éder Araújo Cintra;
- aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural;
- ao Prof. Dr. Nilson A.Villa Nova;
- aos colegas da EMBRAPA/SPSB, Eleuse Cardoso M. Cavalcanti (Bibliotecária), Lisabete G.Muniz (Secretária), Tácito Silva (Estatístico) e Carlos Henrique Cavalcanti (Desenhista);
- aos meus irmãos Rubem Delly Veiga (Estatístico) e Anita Leyse Delly Veiga;
- ao meu tio Fábio Carvalho, pela revisão do texto;

- a EMBRAPA/SPSB, ao extinto Ministério da Irrigação/PRONI ao CNPq e a USP/ESALQ.

LISTA DE FIGURAS

Página

01. Curva característica da água no solo, da Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", para a profundidade de 0 a 10 cm.	18
02. Curva característica da água no solo, da Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", para a profundidade de 10 a 20 cm.	19
03. Curva característica da água no solo, da Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", para a profundidade de 20 a 30 cm.	20
04. Curva de velocidade de infiltração instantânea (i , cm/h) e infiltração acumulada (I , cm) da água na Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz".	23
05. Casa de vegetação - Corte e Planta baixa.	26
06. Conjunto de irrigação.	34
07. Distribuição das parcelas na área experimental com seus respectivos tratamentos.	35
08. Efeitos dos tratamentos sobre o estabelecimento da cultura no solo.	41
09. Frequência de irrigação no tratamento L1 (profundidade de molhamento do solo de 10 cm) e variação do coeficiente K_c para a cultura do feijão nos diversos estágios do ciclo.	46
10. Frequência de irrigação no tratamento L2 (profundidade de molhamento do solo de 20 cm) e variação do coeficiente K_c para a cultura do feijão nos diversos estágios do ciclo.	47
11. Frequência de irrigação no tratamento L3 (pro	

fundidade de molhamento do solo de 30 cm) e va
riação do coeficiente K_c para a cultura do
feijão nos diversos estágios do ciclo. 48

12. Efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvi
mento vegetativo da cultura. 52

LISTA DE TABELAS

	Página
01. Resultado da análise de fertilidade do solo.	16
02. Umidade Volumétrica (θ , $\text{cm}^3 \times \text{cm}^3$) versus potencial mátrico (ϕ m) nas diferentes profundidades, da Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz".	21
03. Resultado do teste de sanidade das sementes de feijão (<u>Phaseolus vulgaris</u> . L.).	28
04. Descrição dos tratamentos mostrando as profundidades de semeadura (H) e profundidades de molhamento do solo (L) estabelecidas.	29
05. Efeitos dos tratamentos profundidades de semeadura e molhamento do solo sobre o estabelecimento da cultura no solo.	42
06. Quadro da análise de variância do índice velocidade de emergência.	42
07. Quadro da análise de variância da percentagem de emergência.	43
08. Quadro da análise de variância do comprimento de hipocótilo.	43
09. Quadro da análise de variância do peso de plântulas secas.	44
10. Efeitos dos tratamentos profundidades de semeadura e de molhamento do solo sobre o desenvolvimento vegetativo.	53
11. Quadro da análise de variância da área foliar.	53
12. Quadro da análise de variância do peso das plantas secas.	54

**EFEITO DAS PROFUNDIDADES DE SEMEADURA E DE
MOLHAMENTO DO SOLO SOBRE O ESTABELECIMENTO DO
ESTANDE E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO FEIJÃO
(Phaseolus vulgaris. L.)**

Autora: STTELA DELLYZETE VEIGA FRANCO DA ROSA

Orientador: Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI

R E S U M O

Estudou-se o efeito da profundidade de semeadura e da profundidade de molhamento do solo sobre o estabelecimento do estande e desenvolvimento da cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.), através de experimento realizado na área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, no período de dezembro de 1988 a março de 1989. Adotou-se um arranjo fatorial 2 x 3, com dois níveis de profundidade de semeadura (3 e 7 cm) e três níveis de profundidade de molhamento do solo (10, 20 e 30 cm), com quatro repetições perfazendo 6 tratamentos e 24 parcelas, em um delineamento inteiramente casualizado. Os parâmetros de avaliação dos efeitos dos tratamentos foram medidos em dois estádios: 1. durante o estabelecimento do estande (velocidade de emergência, percentagem de emergência, comprimento de hipocótilo e peso de plântulas secas); 2. no início da floração (área foliar e peso de plantas secas). Após a análise e interpretação dos resultados, pôde-se concluir que: (i) a profundidade de semeadura afetou somente a velocidade de emergência: seu aumento, de um modo geral, diminuiu a velocidade; (ii) a profundidade de molhamento do solo de 10 cm mostrou-se adequada para o estabelecimento do estande, mas inadequada para o desenvolvimento subsequente da cultura e, a de 20 cm foi a que forneceu o melhor desenvolvimento.

penho da cultura; e (iii) a maior frequência de irrigação, obtida através da menor profundidade de molhamento do solo, não levou ao melhor desempenho da cultura.

**EFFECT OF SOWING AND SOIL WETTING DEPTH ON THE
ESTABLISHMENT OF STAND AND PERFORMANCE OF A BEAN
(Phaseolus vulgaris, L.) CROP.**

Autora: STELA DELLYZETE VEIGA FRANCO DA ROSA
Orientador: Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI

S U M M A R Y

The effect of sowing depth and soil wetting depth on plant stand and crop performance of bean (Phaseolus vulgaris, L.) was studied at Departament of Agriculture and Horticulture of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba (SP), University of São Paulo. The experimental design was a factorial (2 x 3), two levels of sowing depth (3 and 7 cm) and three levels of soil wetting depth (10, 20 and 30 cm) using a completely randomized design with four replications. The parameters of the treatments were evaluated on two stages: 1. during stand establishment (rate of emergency, percentage of emergency, hipocotile length and dry seedling weight; 2. flowering initiation (leal area and dry plant weight. After analyses of the data, it could be concluded that: (i) the sowing depth affected only the rate of emergence: in general, its increase cause drecrease in the rate; (ii) the soil wetting depth of 10 cm was adequate for the stand establishment but not for the subsequent development of the crops and that of 20 cm the one in which the crop performance was the best; and (iii) the highest irrigation frequency obtained through the less soil wetting depth did not lead to the best performance of the crop.

S U M Á R I O

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Quantidade de água requerida para germina <u>ção</u> e emergência.	03
2.2. Influência da profundidade de s <u>em</u> eadura sobre a germinação e emergência	06
2.3. Resposta do feijoeiro às condições hídri <u>cas</u> no solo.	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Caracterização do local.	15
3.1.1. Local.	15
3.1.2. Clima.	15
3.2. Solo.	16
3.2.1. Análise de fertilidade do solo.	16
3.2.2. Determinações físico-hídricas do solo.	16
3.2.2.1. Curva característica da água no solo.	16
3.2.2.2. Capacidade de infiltração da água no solo.	17
3.2.2.3. Densidade do solo.	24
3.3. Casa de vegetação.	25
3.4. Cultura.	25
3.4.1. Determinações preliminares.	27

3.4.2. Observações fenológicas.	27
3.5. Delineamento experimental e definição dos tratamentos.	28
3.6. Manejo da irrigação.	30
3.6.1. Controle da irrigação.	30
3.6.2. Aplicação da irrigação.	32
3.7. Instalação e condução do experimento.	33
3.8. Parâmetros de avaliação.	36
3.8.1. Estabelecimento da cultura no solo.	36
3.8.1.1. Índice velocidade de emergência (VE).	36
3.8.1.2. Percentagem de emergência (PE).	37
3.8.1.3. Comprimento de hipocótilo (CH).	37
3.8.1.4. Peso de plântulas secas (PS).	38
3.8.2. Desenvolvimento vegetativo.	38
3.8.2.1. Área foliar de plantas (AF).	38
3.8.2.2. Peso de plantas secas (PPS).	38
3.8.3. Produção de grãos.	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Estabelecimento da cultura no solo.	40
4.2. Desenvolvimento vegetativo.	51
5. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

O bom êxito de um cultivo depende inicialmente do estabelecimento da cultura no campo, sendo a germinação e a emergência etapas críticas para assegurar um estande adequado, bem como o desenvolvimento rápido e uniforme das plantas.

Um bom estande pode ser prejudicado por vários fatores como: sementes de baixa qualidade e condições adversas no microclima que envolve as sementes no solo. Portanto, a umidade do solo influencia na boa germinação das sementes e a emergência das plântulas, bem assim o desenvolvimento adequado do sistema radicular, condições primordiais da cultura.

Várias pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de encontrar-se bons indicativos quanto à quantidade de água necessária em cada fase de desenvolvimento das culturas, seus excessos ou déficits. Contudo, a maioria destes trabalhos dá maior ênfase às fases da cultura de maior exigência hídrica, buscando a interdependência entre o desempenho da cultura e o déficit ou excesso de água naquelas fases, visando a otimização do uso da água.

No entanto, apesar do consumo de água ser pequeno na fase inicial, sua falta ou excesso pode determinar uma baixa lotação de plantas ou inadequado desenvolvimento do sistema radicular e poder-se-á não obter a produção desejejada ainda que as condições no decorrer da cultura sejam ótimas.

Portanto, no presente trabalho, propõe-se o estudo do comportamento do feijoeiro, quando submetido a um manejo de irrigação na fase inicial de seu desenvolvimento, variando profundidade de molhamento do solo e profundidade de semeadura, na busca de boas condições de umidade do solo e otimização do uso da água, minimizando a evapotranspiração e racionalizando o uso do equipamento de irrigação.

Durante a fase inicial da cultura, enquanto existe uma baixa cobertura vegetal, a evaporação torna-se mais importante que a transpiração no processo combinado de evapotranspiração. A taxa de evaporação do solo após a aplicação de água, pode ser agrupada em vários estádios, segundo JENSEN (1973). No primeiro estágio, é controlada pelas condições externas do ambiente e diminui à medida que a superfície do solo seca. No segundo estágio, a taxa de evaporação é controlada pelas características do solo, mais especificamente, pela condutividade hidráulica do solo.

Assim, espera-se que, aplicando-se lâminas de água maiores, com menores frequências, haja menor demanda evapotranspirativa e conseqüentemente menor consumo de água. Este manejo é mais interessante, do ponto de vista de manuseio do equipamento de irrigação, deste que sejam asseguradas as condições favoráveis à germinação das sementes e emergência das plântulas, bem como ao desenvolvimento da cultura e produção de grãos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Quantidade de água requerida para germinação e emergência

Uma série de fatores pode afetar positiva ou negativamente a germinação e emergência das plântulas, sendo estas fases críticas, que exigem um conjunto de condições para que se realizem satisfatoriamente.

Uma adequada lotação de plantas por área, resultante de boa germinação, emergência, e condições favoráveis para que as plantas se desenvolvam, são determinantes para uma boa produção. Fatores como período e processo de embebição, disponibilidade hídrica, ocorrência de patógenos e proteção das sementes podem afetar a germinação e a emergência.

Para que a germinação ocorra, determinadas condições devem ser satisfeitas, segundo POPINIGIS (1977) :

- a) a semente deve ser viável;
- b) as condições internas da semente devem ser favoráveis à germinação (livre de dormência);
- c) as condições ambientais devem ser favoráveis (água, temperatura, oxigênio e luz);
- d) condições satisfatórias de sanidade (ausência de agentes patógenos).

De acordo com HADAS et alii (1974) & CHING (1978) citados por BAERWALD & GUROVICH (1979), o processo de germinação pode ser resumido em três etapas: a primeira, de embebição, durante a qual a absorção de água é governada pelo conteúdo do endosperma, é do tipo passiva; a segunda etapa consiste em uma ação enzimática dos componentes do endosperma e no início das atividades meristemáticas, quando as sementes praticamente não absorvem água; e a terceira, na qual se emerge a radícula, através da cutícula, quando há uma absorção ativa de água.

Portanto, é condição primordial, para início da germinação, que haja disponibilidade de água, para que ocorra o crescimento do embrião, paralisado nas fases finais da maturação da semente, através do aumento do teor de água e da atividade respiratória.

A primeira condição para a germinação de uma semente viável e não dormente é a disponibilidade de água para a sua reidratação, que em abundância propicia maior velocidade de embebição, POPINIGIS (1977). Neste caso, se as condições forem aeróbicas, a emissão da radícula ocorre precocemente. Porém, se as condições forem anaeróbicas, o excesso de água é prejudicial às sementes.

Em condições de baixa disponibilidade de água do solo, quando esta é suficiente apenas para iniciar o processo de germinação, não haverá água bastante para a sua continuidade, ocorrendo a morte do embrião. Em condições inversas, ou seja, excesso de água, a absorção rápida de água pela semente poderá ocasionar ruptura em alguns tecidos. Vários autores constataram danos causados pela embebição, manifestados por diminuição no vigor das plântulas, ocorrendo germinação anormal (HOBBS & OBENDORF, 1972; PARRISH & LEOPOLD 1977; POWELL & MATHEWS, 1978; DASGUPTA et alii, 1982; ORPHANOS & HEYDECKER, 1968).

A capacidade das sementes para germinar em condições de "stres" hídrico depende, fundamentalmente, das

espécies vegetais que parecem ter requerimentos específicos de absorção de quantidades mínimas de água para a sua germinação. Segundo BURCH & DELOUCHE (1959), essas quantidades mínimas de água variam entre 30 e 55% (algodão: 50-55%; arroz: 32-35%; aveia: 32-36%; beterraba: 31%; mamona: 32-36%; milho 30-5% e soja: 50%).

Após a semeadura, a semente iniciará, então, o processo de embebição, necessitando de um teor mínimo de água para que a germinação ocorra. Este teor varia conforme a espécie. No caso de sementes de feijão, o teor mínimo de hidratação segundo OBRUCHEVA et alii (1983) é de 55%.

PESKE E DELOUCHE (1985), trabalhando com semeadura de soja em condições de baixa umidade de solo, afirmam que sementes em solo com teor de água logo abaixo do mínimo para a germinação perdem sua capacidade para emergir mais rapidamente do que quando semeadas em solo bem seco. O tempo de sobrevivência das sementes no solo aumenta com a diminuição da umidade deste.

COLLIS-GEORGE & HECTOR (1966) comprovaram que o potencial mátrico, textura do solo e área de contato solo-semente influenciaram a disponibilidade e o movimento da água para as sementes, fatores cruciais para a germinação e emergência. Portanto, a energia potencial da água do solo, em um determinado momento, não é o único fator que afeta a germinação. É importante também a facilidade com que o solo permite o movimento da água até a interface semente-solo.

O potencial da água em sementes secas frequentemente é inferior a -500 bar. Assim, sementes secas podem absorver água do solo com umidade abaixo do ponto de murchamento permanente (Black, 1968 & Doneen & Mac Gillivray, 1943, citados por BAERWALD & GUROVICH, 1979). No entanto, segundo HUNTER & ERICKSON (1952), para se obter germinação e emergência completas, a semente deve chegar ao

nível de hidratação crítico. Por outro lado, sementes que absorvem quantidade de água demasiadamente pequena para permitir a germinação podem desidratar-se sem aparente perda da viabilidade. No entanto, ciclos repetidos de umedecimentos parciais podem reduzir a capacidade germinativa.

Sobre as relações entre a semente no solo e a disponibilidade hídrica, DONNEN & MAC GILLIVRAY (1943) chegaram à conclusão que a velocidade de emergência decresce progressivamente à medida que a umidade inicial do solo diminui. Concluíram, também, que a porcentagem de emergência de algumas espécies é reduzida quando a umidade do solo se aproxima do ponto de murchamento permanente. Todavia, para muitas espécies, incluindo o feijão, a porcentagem de emergência não é afetada enquanto a umidade do solo for mantida acima do ponto de murchamento permanente, mas sua velocidade é consideravelmente retardada.

MAGALHÃES & CARELLI (1972), estudando a germinação de sementes de feijão, sob condições de deficiência hídrica, simulada pela utilização de soluções com pressões osmóticas elevadas (-3,5; -7,2; -11,0 e -16,5 atmosferas), concluíram que valores abaixo de -3,5 atmosferas reduziram drasticamente a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas, demonstrando indiretamente a grande sensibilidade do feijoeiro às condições de falta de água, em relação a outras espécies.

Resultados semelhantes foram encontrados por MACHADO et alii (1976), quando a porcentagem final de germinação e o crescimento das plântulas foram sensivelmente influenciados por potenciais hídricos de -8,0; -12,0 e -15,0 atmosferas.

2.2. Influência da profundidade de semeadura sobre a germinação e emergência

Um estande adequado de plantas, assegurado

por boa germinação das sementes e plântulas bem desenvolvidas, é condição primordial para a condução da cultura. O estabelecimento da cultura no campo (germinação e emergência) depende de fatores como condições da semente, e condições do microclima que a envolve no solo. Depreende-se, daí, que a profundidade da semente afetar indiretamente o processo uma vez que um dos fatores ambientais poderá modificar-se, como temperatura, umidade do solo, compressão do solo, tamanho das partículas e composição da atmosfera ao redor das sementes.

Não se encontram disponíveis na literatura muitos trabalhos relacionando a germinação e emergência das sementes de feijão com esses fatores, principalmente em condições brasileiras. Com outras culturas, no entanto, vários trabalhos foram encontrados.

ORPHANOS (1977) realizou experimentos para investigar as causas das falhas de emergência de plântulas de feijão, provenientes de semente às profundidades de 2,5, 5,0 e 7,5 cm, em solo previamente umedecidos e irrigado imediatamente após a semente. O autor concluiu que as falhas na emergência, verificadas quando o solo foi irrigado após a semente, foram causadas, principalmente, pelo impedimento mecânico (formação de crostas), consequência da irrigação pesada. Segundo o autor, é possível obter satisfatória emergência, semeando-se em solo seco, à profundidade de 2,5 cm e promovendo-se irrigação com quantidade de água suficiente para permitir a germinação, desde que aplicada de forma a evitar a formação de crostas. Os resultados dos experimentos confirmaram ainda, menores percentagens de emergência final, para maiores profundidades de semente, em todos os tratamentos de aplicação de água.

GIGLIOLI et alii (1981), pesquisando o efeito da profundidade de semente e tratamento de sementes de soja com fungicida sobre a emergência, concluiu que se

mentes tratadas e semeadas a 3 cm de profundidade deram origem a maior percentagem de plântulas do que aquelas tratadas e semeadas a 4 cm. Sementes sem tratamento apresentaram menor emergência em ambas as profundidades, sendo melhor a de 8 cm. Em solo com umidade adequada, a emergência foi estatisticamente igual em todos os tratamentos. Concluiu, ainda, que o uso conjugado de fungicida com maior profundidade de semeadura é recomendável para manter a viabilidade e o potencial de emergência, em solo com baixo teor de água, e não propenso à formação de crosta na superfície.

Pesquisando o efeito do tamanho das sementes de soja e profundidade da semeadura, BARNI et alii (1976) concluíram que as profundidades de 5,0 e 7,5 cm mostraram-se mais prejudiciais quanto à uniformidade de estande que a de 2,5 cm. No entanto, em condições de solo seco, maiores profundidades de semeadura favorecem a germinação e emergência das plântulas, embora determinem menor porte das plantas.

WARREN (1950) mostrou que a população e a subsequente produção de feijão-fava sofrem redução, quando as sementes são semeadas a 10 cm de profundidade, comparadas com 5,0 e 2,5 cm.

MURPHY (1943) verificou que a profundidade de plantio parece ser o mais importante fator para determinar a emergência de gramíneas e leguminosas.

Profundidades de semeadura de 5 a 10 cm foram testadas para ervilha (ANDREOLI, 1980), com efeitos significativos no comprimento do epicótilo, mas não na percentagem de emergência. Esses efeitos, segundo o autor, são contrários àqueles observados por Grabe & Matzer e Fehr et alii, em cujo trabalho as profundidades de semeadura influenciaram largamente a percentagem de emergência. Os efeitos contrários verificados no experimento são atribuídos ainda, segundo o autor, à restrição mecânica do solo, provavelmente favorecida pelas altas precipitações e condições

físicas do solo de cerrado.

CAPELARO et alii (1986) verificaram aumentos dos valores de índice de velocidade de emergência de plântulas de sorgo sacarino, em solo de textura argilosa à medida que aumentam os níveis de profundidade de semeadura. Tal resultado também contradiz a literatura referente ao assunto, o que é explicado pelos autores em face do desempenho da unidade do solo durante o período de condução do ensaio. Segundo eles, o nível de umidade do solo nas profundidades menores do que 5,0 cm estava próximo ao ponto de murchamento permanente, e a emergência de maior parte das plântulas somente ocorreu após as primeiras chuvas. Por outro lado, nas sementes cuja semeadura foi feita nas profundidades maiores do que 5,0 cm, o nível de umidade do solo parece ter sido suficiente para induzir a germinação e posterior emergência das plântulas, imediatamente após a semeadura, proporcionando, então maiores valores para o índice de velocidade de emergência.

Ainda com referência ao efeito da profundidade de semeadura sobre a emergência de plântulas, outros autores verificaram ser tanto maior a percentagem de emergência ou índice de velocidade de emergência, quanto menor for a profundidade de semeadura (MEDINA et alii, 1974 - quiabo, AL CÂNTARA et alii, 1977 - gramíneas e leguminosas forrageiras, BACALTCHUK, 1982 - trigo e cevada, PARKER & TAYLOR, 1965 - sorgo e guar, SEPASKHAH & ARDEKANI, 1978 - cevada, ERICKSON, 1946 e BEVERIDGE & WILSIE, 1959 - alfafa, e MOORE, 1943 - leguminosas e gramíneas).

Segundo HEYDECKER (1956), profundidades maiores podem fornecer melhores suprimentos d'água, mas, por outro lado, poderiam também aumentar a obstrução mecânica para a emergência. Estas condições possibilitariam menor arejamento, atrasando a emergência e aumentando os danos causados por ataques de microorganismos que, de acordo com o au

tor, parece ser mais evidente nas plântulas com hipocótilos longos do que nos curtos.

Como se observa, muitos dos trabalhos relata dos não foram realizados em condições brasileiras e poucos referem-se à cultura do feijoeiro. No entanto, o processo de germinação de todas as sementes consiste no reinício do crescimento do embrião, paralisado nas fases finais da matu ração na planta, variando com as espécies, devido, principal mente, às diferenças existentes no volume do eixo embrioná rio em relação ao volume total da semente, na estrutura e permeabilidade da cobertura protetora e na composição quími ca da semente (POPINIGIS, 1977).

Portanto, a germinação de todas as espécies de sementes e subsequente emergência das plântulas vão de pender de condições ambientais (água, luz, temperatura e oxigênio), diferentes apenas em requerimentos. Mas o proces so germinativo envolve etapas similares, o que justifica a abordagem dos trabalhos citados.

2.3. Respostas do feijoeiro às condições hídricas no solo

A cultura do feijoeiro apresenta algumas fa ses mais sensíveis, tanto no que diz respeito ao défi cit quanto ao excesso de água no solo, nas quais a falta ou ex cesso pode, comprometer a produtividade da cultura, ou mes mo ocasionar a morte das plantas.

Vários trabalhos têm sido realizados, com o objetivo de se encontrar bons indicativos para o manejo da irrigação em cada fase de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. No entanto, na literatura aparecem resultados conflitantes, relativos à sensibilidade das diferentes fa ses do feijão ao stress hídrico.

KATAN & FLEMING (1956), por exemplo, não en contraram redução de produtividade ocasionada por seca no

período de pré-florescimento, enquanto que DUBETZ & MAHALLE (1969) constataram 53% de redução de produtividade com stress de água, antes do florescimento.

Outras pesquisas mostraram, contudo que o déficit hídrico durante a floração provoca as maiores reduções de produtividade. MAGALHÃES, MILLAR & CHOUDHURY (1979), estudando o efeito do déficit fenológico de água sobre a produtividade de feijão, submeteram a cultura à falta de água, em oito fases do ciclo, e concluíram que o período mais crítico foi do início da floração à plena floração. Estes resultados foram confirmados por KATTAN & FLEMING (1956), ROBINS & DOMINGO (1978), HOSTALÁCIO & VÁLIO (1984) & STEINMETZ (1984).

Dentro desse período crítico, a redução de produtividade tem relação com o número de dias em que o feijoeiro fica sujeito à redução de umidade, conforme demonstraram MAGALHÃES & MILLAR (1978). Estes autores registraram reduções de rendimento de 20, 38 e 52% com, respectivamente, 14, 17 e 20 dias sem irrigação.

DOORENBOS & PRUITT (1976) estabeleceram que o período de floração e de aparecimento das vagens é mais crítico que o período anterior ao florescimento, que, por sua vez, é mais crítico que o de maturação. Esclarecem que, em caso de déficit prévio, o período de maturação é mais sensível que o período anterior à floração.

MIRANDA & BELMAR (1977) encontraram maior redução da produção de feijão, quando faltou irrigação na maturação, seguindo-se a fase de crescimento e floração. Para MOHAMED (1981), a fase reprodutiva é a mais crítica e, para STOKER (1974), é a floração, seguida do início e final da fase vegetativa.

FARIA (1981) considera como períodos críticos ao stress de água: a maturação, pois há um menor número de plantas por área; o florescimento e enchimento de grãos,

com menor número de vagens, redução do número de sementes por vagem e redução no peso de sementes; e a maturação, com atraso da colheita.

Para GARRIDO et alii (1982), o déficit de umidade, no período que vai do plantio até o aparecimento da quarta folha definitiva, determina baixo número de plantas por área, apesar de o consumo de água ser pequeno.

BERGAMASHI et alii (1976) mantiveram a tensão da água no solo, nos tratamentos, inferior a 1 atmosfera, durante o ciclo da cultura e de irrigação, desde a emergência até o início do florescimento. Verificaram que estes tratamentos foram estatisticamente mais produtivo que a testemunha não irrigada.

Vários trabalhos realizados indicam que as fases de florescimento e início de frutificação do feijoeiro constituem os períodos mais críticos. Na região do norte de Minas Gerais, observou-se que, quando ocorre déficit no início e no final da floração, na formação e no crescimento das vagens, a produção diminui de 16, 42 e 58%, respectivamente, em comparação com tratamentos sem deficiência hídrica (GARRIDO et alii (1982)).

Ainda nas condições norte e sul mineiras (Garrido et alii, 1979 e 1982, GARRIDO & TEIXEIRA, 1978, PURCINO et alii, 1978), verificaram que os tratamentos mais úmidos, isto é, quando a reposição de água era feita a níveis mais altos de água disponível no solo, e/ou lâminas totais maiores de água eram aplicadas, maiores valores de produtividade de do feijoeiro eram conseguidos.

RESENDE et alii (1981) afirmam ainda que tanto o grau de stress como a frequência de irrigação afetaram a produção de sementes quando se relaciona unidade de produção à unidade de água evapotranspirada, sendo que a produção, para um mesmo nível de evapotranspiração, foi maior nos tratamentos de frequência menor do que nos de alta fre

quência. Nenhuma vantagem foi encontrada pelo uso de altas frequências de irrigação em todos os níveis de "stres", quando comparado com a frequência normal; apresenta, sim, um aumento da evaporação.

LIMA & OLITTA (1978), estudando a resistência à seca de cultivares de feijão em experimento realizado em estufa, utilizando-se a variação do potencial da água no solo, constataram que, de um modo geral, quando a tensão da água no solo aumentou, as respostas ao crescimento vegetativo decresceram. Concluíram ainda que os baixos valores de radiação da estufa possivelmente causaram efeito negativo na produção potencial da cultura.

REICHARDT et alii (1974), através do balanço hídrico no campo, determinaram a evapotranspiração do feijoeiro carioca no período compreendido entre o início da fase vegetativa e 45 dias após. O total de água consumido pela cultura foi de 165,7 mm e o coeficiente de tanque para o período foi de 0,78.

Como se pode observar, parte considerável dos trabalhos dá ênfase às fases da cultura de maior exigência hídrica e, dentre os citados, além de muitos outros também consultados, nota-se por vezes uma controvérsia na literatura quanto aos resultados e recomendações.

No entanto, sabe-se que os efeitos do déficit hídrico iniciam-se quando a taxa de evapotranspiração suplanta a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para as partes aéreas da planta. O déficit hídrico está associado, portanto, a uma redução progressiva da água no solo, que depende principalmente das condições meteorológicas locais, das características físicas do solo, do sistema de irrigação e da cultivar utilizada. A necessidade de água da cultura do feijoeiro varia, então, de local para local.

De uma forma geral, AZEVEDO & CAIXETA (1986)

ênfatizam ser conveniente que, da fase inicial até a formação da quarta folha definitiva, bem como do início do florescimento até a formação das vagens, a cultura não sofra deficiência hídrica. Caso seja necessário suprimir aplicações de água, isto deve ser feito no período de crescimento ou no de maturação dos grãos.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Caracterização do local

3.1.1. Local

Os dados foram coletados em experimento conduzido, sob condições de campo, na área experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ESALQ/USP, em Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 22°42'30" de latitude sul, 47°38'00" de longitude oeste, a 580 m de altitude.

3.1.2. Clima

Segundo dados meteorológicos observados nos últimos 50 anos, pela Estação Meteorológica do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, a região apresenta, em termos médios anuais, uma precipitação pluvial entre 1200 e 1300 mm, ocorrendo, a maior parte, no verão (de novembro a fevereiro), principalmente com chuvas de alta intensidade e curta duração. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a média do mês mais quente superior a 22°C. Pela classificação climática de Koppen, o clima da região é do tipo mesotérmico Cwa, ou seja, subtropical

úmido, com estiagem no inverno, também denominado de "Tropical de Altitude" por CAMARGO et alii (1974).

3.2. Solo

O solo onde foi instalado o experimento, descrito em seu estado natural por RANZANI et alii (1966), é uma Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", e pela classificação americana (U.S.D.A., 1975) um Paleudalf óxico.

3.2.1. Análise de fertilidade do solo

A análise de fertilidade do solo foi realizada na Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas, em duas amostras compostas de 12 subamostras simples obtidas da faixa superficial do solo (até 20 cm de profundidade), num caminhar em zigue-zague na área, segundo metodologia estabelecida em EMBRAPA/SNLCS (1979).

Os resultados da análise de fertilidade do solo são apresentados na Tabela 1 e foram considerados adequados para a germinação e desenvolvimento de plantas com um pH adequado e bom nível de nutrientes, segundo as recomendações técnicas para a cultura de feijão irrigado de EMBRAPA/CNPAF (1983).

TABELA 1. Resultado da análise de fertilidade do solo

Fósf.M.Org.	Ind.Acid.	Potás.	Calcio	Magn.	Acid.Pot.	Soma Bases	CTC	Sat.Bases
$\frac{\text{ug}}{\text{cm}^3}$	%							
		pH CaCl_2			meq/100 cm^3			%
62	2,5	5,6	0,47	4,3	1,3	2,0	6,1	8,0
								76

3.2.2. Determinações físico-hídricas do solo

3.2.2.1. Curva característica da água no solo

Foram elaboradas três curvas características da água no solo, para as camadas de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm de profundidade, através do método de secamento em amostras de solo indeformado. As amostras foram retiradas, em número de três repetições, nos pontos médios das camadas, com auxílio de cilindros de alumínio, de volume conhecido, introduzidos no solo por simples pressão. As amostras foram protegidas com tecido de algodão e elástico de borracha, o que garantiu um bom contato entre o solo e as placas porosas dos aparelhos de tensão.

Após a conveniente saturação, as amostras de solo foram submetidas às tensões necessárias à obtenção das curvas, sendo que para as tensões de 0,002MPa, 0,003MPa, 0,004MPa e 0,006MPa, foram utilizadas as mesas de tensão do Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Rural. Para as tensões de 0,01MPa, 0,02MPa, 0,05MPa, 0,10MPa, 0,30MPa e 0,50MPa e 1,5MPa, foram utilizadas as câmaras de pressão de Richards, do Laboratório de Física do Solo do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP.

Os resultados obtidos de teores de água à base de volume correspondentes às tensões, para as diferentes profundidades do solo, estão indicados na Tabela 2, e foram representados graficamente, com a umidade no eixo das abscissas e a tensão no eixo das ordenadas, conforme mostram as Figuras 1, 2, e 3.

3.2.2.2. Capacidade de infiltração da água no solo

Com o objetivo de melhor adequar o equipamento de aplicação de água no solo e bem conduzir o manejo da irrigação, foi realizado no local do experimento, o teste de infiltração da água no solo, segundo metodologia descrita por SALASSIER (1984), utilizando-se os anéis infiltrômetros.

Foram usados dois cilindros de chapa de fer

Figura 1 - Curva característica da água no solo, da terra Rôxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", para profundidade de 0 a 10 cm.

Figura 2 - Curva característica da água no solo, da terra Rôxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", para a profundidade de 10 a 20 cm.

Figura 3 - Curva característica da água no solo, da terra Rôxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", para profundidade de 20 a 30 cm.

Tabela 2. Umidade volumétrica (θ , $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) versus potencial mátrico (ϕ m, MPa) nas diversas profundidades da Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz".

ϕ m	Profundidades (m)		
MPa	0 a 10	10 a 20	20 a 30
0,002	40,64	39,78	39,53
0,003	38,42	36,40	39,15
0,004	36,47	35,79	38,10
0,006	35,16	35,20	37,69
0,010	35,26	34,94	37,17
0,024	33,75	33,30	36,90
0,050	32,63	31,89	33,48
0,100	32,29	31,43	32,48
0,300	29,55	28,55	30,25
0,500	29,10	28,42	27,86
1,500	25,80	25,41	27,42

ro de 4 mm de espessura de 20 e 40 cm de diâmetro e 30 cm de altura, cravados no solo concentricamente, com auxílio de marreta e caibro, até a profundidade de 15 cm.

Um filme plástico foi colocado no cilindro interno, para impedir a infiltração da água no solo antes do início das tomadas de leituras. Após a colocação da água nos dois cilindros, retirou-se o filme plástico e acompanhou-se a infiltração vertical no cilindro interno, realizando-se as leituras dos níveis da água na régua graduada e tempos transcorridos. Os dados de infiltração acumulada (I) e a velocidade de infiltração instantânea (i), obtidos do ensaio, conduzido até que a velocidade de infiltração mé

dia tornou-se constante, estão representados graficamente na Figura 4.

Para a representação gráfica da infiltração a cumulada (I), utilizou-se a equação de KOSTIAKOV (1932), que apresenta a seguinte forma:

$$I = K' T^n$$

onde: I = infiltração acumulada (cm);

K' = infiltração acumulada no primeiro minuto;

T = tempo (minuto);

n = constante dependente do solo.

A equação da infiltração acumulada (I) foi obtida por regressão linear, aplicando-se o seguinte racio cínio:

$$I = K' T^n$$

$$\log I = \log K' + n \log T$$

onde:

$$\log K' = \frac{\sum I - n \sum T}{N}$$

$$n = \frac{N \sum TI - \sum T \times \sum I}{N \sum T^2 - (\sum T)^2}$$

N = número de dados observados

A equação da velocidade de infiltração instan tânea (i) foi obtida derivando-se a equação da infiltração acumulada em relação ao tempo, da seguinte forma:

$$i = \frac{dI}{dT}$$

Figura 4 - Curva de velocidade de infiltração instantânea (i, cm/h) e infiltração acumulada (I, cm) da água na terra Rôxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz".

$$i = \frac{d(K'T^n)}{dT}$$

$$i = n \times K' \times T^{(n-1)}, \quad i = \text{cm/min}$$

ou:

$$i = 60n \times K' \times T^{(n-1)}, \quad i = \text{cm/h}$$

fazendo:

$$K = 60nK'$$

$$i = K T^{(n-1)}$$

onde: i = velocidade de infiltração instantânea (cm/h);

T = tempo (min)

3.2.2.3. Densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo (g/cm³), utilizou-se as mesmas amostras de solo, coletadas em anéis de alumínio de volume conhecido, usadas para a elaboração da curva característica da água no solo. A densidade do solo foi determinada através da relação entre a massa do solo, contida no anel de alumínio, seca em estufa a 105°C até massa constante, e o respectivo volume do cilindro.

A determinação deste parâmetro teve como objetivo principal a transformação da unidade à base de massa em base de volume, para a elaboração da curva característica da água no solo, além da correlação com outros parâmetros físico-hídricos determinados.

Os valores médios da densidade do solo, para as diversas camadas, foram os seguintes: 0 a 10 cm - 1,60 g/cm³; 10 a 20 cm - 1,57 g/cm³; e 20 a 30 cm - 1,45 g/cm³.

3.3. Casa de vegetação

Com o objetivo de evitar que a área recebesse águas de chuvas, o experimento foi protegido com uma armação, de dimensões de 45,0 x 6,40m, construída com tubos de ferro e coberta com plástico, conforme esquematiza a Figura 5.

A cobertura, feita com plástico transparente de 0,1 mm de espessura, iniciando a uma altura de um metro da superfície do solo, proporcionou boa circulação do ar e boa aeração no interior da casa de vegetação. Ainda visando melhor aeração, foram efetuadas aberturas na parte superior da casa de vegetação, através de estacas colocadas nas sobreposições das faixas de lona plástica, de maneira a favorecer a saída do ar quente, que tende a se acumular interna e imediatamente abaixo da cobertura.

Tais medidas, juntamente com o sombreamento, obtido através de borrifamento da superfície externa do plástico com tinta branca, contribuíram bastante para a diminuição da temperatura no interior da casa de vegetação.

Ao redor da casa de vegetação foi construído um dreno, para coleta do escoamento superficial das águas provenientes da parte superior do terreno, bem como das águas que escorriam da própria cobertura da casa de vegetação. Além disto, foi construída, também, uma barreira vertical de lona plástica, com profundidade de 60 cm, ao lado do dreno, para evitar a infiltração de água para o interior da área.

3.4. Cultura

A cultura utilizada foi o feijoeiro comum, planta da família leguminosae, gênero Phaseolus e espécie Phaseolus vulgaris L. Utilizou-se a cultivar "Carioca", de hábito de crescimento indeterminado (III), ciclo vegetativo de 80 a 95 dias, cujas sementes foram fornecidas pelo Servi

Figura 5 - Casa de Vegetação - Corte e Planta Baixa.

ço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA.

3.4.1. Determinações preliminares

Foram realizados testes de germinação, vigor e sanidade das sementes, no sentido de avaliar a sua qualidade, corrigir a quantidade de sementes utilizadas na semeadura, bem como avaliar a necessidade de tratamento das mesmas.

Os testes de germinação e vigor foram realizados pelo Laboratório de Análise de Sementes da ESALQ/USP, segundo prescrevem as Regras para Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal/Ministério da Agricultura. No teste de germinação, onde se oferece às sementes condições favoráveis em umidade, temperatura, oxigênio e substrato, verificou-se um poder germinativo médio de 98%. Já no teste de vigor ou envelhecimento acelerado, que determina o grau de deterioração das sementes ou o seu desempenho potencial em condições adversas, houve uma germinação de 89% da amostra.

O teste de sanidade, realizado pelo Laboratório de Fitopatologia da ESALQ/USP, em sementes tratadas e não tratadas, revelou os resultados apresentados na Tabela 3.

3.4.2. Observações fenológicas

O desenvolvimento das plantas foi acompanhado em seus diversos estádios fenológicos, estabelecidos segundo o Manual de Métodos de Pesquisa em Feijão (1981), através dos seguintes critérios:

- a) emergência: quando tiverem emergido 90% das plântulas e seus cotilédones encontram-se acima da superfície do solo;
- b) início da floração: quando 10% das plantas apresentarem pelo menos uma flor aberta;

TABELA 3. Resultado do teste de sanidade das sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.).

Microorganismo pesquisado	Semente não tratada	Semente tratada
Fusarium spp.	17,8%	5,0%
Cladosporium sp.	28,0%	4,0
Aspergillus spp.	7,6%	0
Penicillium spp.	28,9%	1,5%
Alternaria sp.	0,8%	0
Phoma sp.	0,8%	0

c) maturação fisiológica: quando 90% das vagens, em uma população, sofrerem mudança a coloração, da cor verde a uma cor intermediária;

d) colheita: quando todas as vagens estiverem secas e o teor de água dos grãos for suficientemente baixo para a sua colheita (15 a 18%).

3.5. Delineamento experimental e estabelecimento dos tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com um esquema fatorial de 2x3 e quatro repetições. A comparação de médias foi feita através do Teste de Duncan.

As variáveis experimentais foram a profundidade de sementeira(H), em dois níveis e a profundidade de molhamento do solo(L), em três níveis.

Os níveis de profundidade de sementeira foram estabelecidos em 3,0 cm e 7,0 cm, baseando-se, o primeiro nível, nas recomendações técnicas para a cultura de feijão

com irrigação complementar da EMBRAPA(1983), e, o segundo nível, escolhido mediante testes preliminares de semeadura, realizados em laboratórios antes da instalação do experimento.

Quanto aos níveis de profundidade de molhamento do solo, foram estabelecidos 10 cm, 20 cm e 30 cm, tomando-se um valor médio e dois extremos, relativos às profundidades efetivas do sistema radicular da cultura do feijoeiro. Experiências prévias, como a de REICHARDT et alii(1974) constatarem que 90% das raízes encontravam-se nos primeiros 30 cm de solo, e as de INFORZATO et alii (1964) e INFORZATO & MIYASAKA (1963) demonstraram que, em solos do Estado de São Paulo, mais de 80% e cerca de 73% das raízes respectivamente, localizavam-se até os 20 cm de profundidade. A Tabela 4 esclarece melhor cada um dos tratamentos ensaiados.

TABELA 4. Descrição dos tratamentos, mostrando as profundidades de semeadura (H) e profundidades de molhamento do solo (L) estabelecidas.

Tratamentos		Profundidade	Profundidade de mo
Nº Identificação		Semeadura (H)	lhamento do solo
		(cm)	(cm)
1	H1L1	3,0	10
2	H1L2	3,0	20
3	H1L3	3,0	30
4	H2L1	7,0	10
5	H2L2	7,0	20
6	H2L3	7,0	30

3.6. Manejo da Irrigação

3.6.1. Controle da irrigação

Foram preparados e instalados os aparelhos e materiais necessários ao controle da irrigação via climatologia. Neste controle, o momento de irrigação é determinado pelo esgotamento da capacidade disponível útil (CADu) de água do solo, através de estimativa da evapotranspiração da cultura, baseando-se em parâmetros do clima, observados no local. Faz-se, portanto, um balanço das entradas e saídas de água. A lâmina a ser aplicada, no momento em que se esgotar a CADu, será aquela correspondente à própria CADu.

A entrada de água nas parcelas experimentais corresponde às irrigações e a saída à evapotranspiração da cultura, estimada pelo método do tanque "Classe A", como descrito por DOORENBOS & PRUITT (1976).

A capacidade de água disponível útil (CADu) foi calculada pela seguinte relação:

$$CADu = \frac{(U_{cc} - U_{pmp})}{10} \times pg \times h \times P$$

sendo: CADu = capacidade de água disponível útil (mm);

U_{cc} = teor de água com base em peso, na capacidade de campo(%);

U_{pmp} = teor de água com base em peso, no ponto de murchamento permanente (%);

pg = densidade do solo, relação entre o peso específico aparente do solo e peso específico da água (adimensional);

h = profundidade de molhamento do solo (cm);

P = fator que expressa a fração da água disponível a ser extraída do solo pela planta (adimensional).

Os valores de teor de água na capacidade de campo e ponto de murchamento permanente foram obtidos a partir das curvas características da água no solo.

O valor de P foi estimado segundo DOORENBOS & PRUITT (1976), considerando-se a cultura e a evapotranspiração máxima. Adotou-se o valor de 0,7.

A evapotranspiração da cultura, estimada pelo método do tanque "Classe A", foi calculada da seguinte forma:

$$E_t = E_c \times K_p \times K_c$$

sendo: E_t = evapotranspiração da cultura (mm),

E_c = evaporação do tanque "Classe A" (mm);

K_c = coeficiente da cultura (adimensional);

K_p = coeficiente do tanque (adimensional).

Os valores da evapotranspiração do tanque "Classe A" foram obtidos, através de leituras diárias, sempre entre 8:00 e 8:30 horas da manhã. O tanque de formato cilíndrico, confeccionado em chapa de ferro galvanizado, com 1,20 m de diâmetro e 0,25 m de profundidade, tinha como acessórios para as leituras: um poço tranquilizador convencional, nivelado por três parafusos calantes; e um micrômetro com precisão de leitura de 0,02 mm. O tanque foi assentado sobre um estrado de madeira, pintado de branco e nivelado de modo que a distância até a superfície do solo fosse igual a 0,15 m. Havia, ainda, uma tela metálica sobre o tanque, para proteção contra animais.

Foram instalados dois tanques "Classe A", um dentro da casa de vegetação, no centro da área, e outro fora, para comparação dos valores de evaporação.

Os outros dados meteorológicos necessários à aplicação do método, tais como, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, foram tomados com auxílio dos seguintes instrumentos:

- a) Termohigrógrafo - de fabricação FUESS, modelo 159 r, de rotação semanal, com variação de temperatura de -15° a $+ 65^{\circ}$ C (precisão de $\pm 1^{\circ}$ C) e variação de umidade relativa de 0% a 100% (precisão de $\pm 5\%$). O instrumento foi instalado em abrigo padrão, no interior da casa de vegetação;
- b) Anemômetro - Integrador, de fabricação FUESS, modelo 91 g.

Os valores de Kp foram obtidos de acordo com DOORENBOS & PRUITT (1976), em função das umidades relativas e velocidades do vento, observadas no período. Para os valores de Kc, adotou-se as recomendações da FAO, de acordo com as diferentes fases da cultura, com um acréscimo de 20%, conforme sugerido por VILLA NOVA (1987), considerando que, para as nossas condições, aqueles valores parecem subestimados. Desta forma, foram determinados os valores de transição das fases, enquanto que os valores intermediários foram obtidos por interpolação.

3.6.2. Aplicação da irrigação

Obtidas as lâminas de água a serem aplicadas de acordo com cada tratamento, estas eram convertidas em volumes, considerando-se a dimensão da parcela de $2m^2$, estimando-se uma eficiência de 90% na irrigação.

A água de irrigação era bombeada de um reservatório e conduzida, através de tubulação de PVC rígido de $1\frac{1}{2}$ ", até um cabeçal de controle, dotado de filtros de areia e de tela metálica, para filtragem da água, bem como de registros manuais e manômetros para controle da pressão e vazão. Do cabeçal de controle até a entrada na casa de vegetação, na sua parte central, a água era conduzida por 10 metros de tubulação de PVC de 1", onde havia, também, um registro e um manômetro para controle da pressão na entrada da tubulação de irrigação. A tubulação de irrigação, de po

lietileno flexível de 1/2" e 20 metros de comprimento, era dotado de um hidrômetro e um aspersor manual em sua extremidade, como esquematiza a Figura 6. O aspersor foi construído com tubos e conexões de PVC, de acordo com as recomendações de SOARES (1986) e do Manual do Irrigante/PROVÁRZEAS (1986). O hidrômetro, modelo multi-mec de fabricação TECNÓBRAS S.A., possuía as seguintes características: do tipo velocidade; transmissão mecânica; capacidade de 3 m³; bitola de 1/2", e precisão de leitura de 0,1 litro.

O conjunto de irrigação foi testado a várias pressões e vazões, até que se obtivesse uma taxa de aplicação adequada à taxa de infiltração da água no solo, evitando-se, desta forma, o escoamento superficial.

O volume de água a ser aplicado em cada parcela experimental, resultante da multiplicação da lâmina de irrigação pela área da parcela, era dado por leitura diferencial do hidrômetro e distribuído uniformemente sobre a parcela.

3.7. Instalação e condução do experimento

Após a preparação do solo, procedeu-se ao plantio no dia dezanove de dezembro de 1988, obedecendo-se a distribuição das parcelas na área, com seus respectivos tratamentos e repetições, de acordo com um sorteio previamente realizado, conforme esquematizado na Figura 7.

As sementes foram tratadas com fungicida e semeadas manualmente. Foram considerados uma população de 250.000 plantas por hectare, um espaçamento entre linhas de plantio de 0,5 m e um poder germinativo de 98%. Procedeu-se, então à primeira irrigação, aplicando-se as lâminas de água correspondentes aos diferentes tratamentos de profundidade de molhamento. As irrigações subsequentes foram aplicadas nos momentos indicados, com as lâminas de água diferenciadas até o início da floração. A partir desta fase, todas as par

Figura 6 - Conjunto de irrigação.

Figura 7 — DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS NA ÁREA EXPERIMENTAL, COM SEUS RESPECTIVOS TRATAMENTOS

PLANTA BAIXA

ESC. 1:200

LEGENDA

PARC. TRATAMENTO

- 1 - H2 L3 -4
- 2 - H2 L2 -4
- 3 - H2 L3 -3
- 4 - H1 L1 -4
- 5 - H2 L1 -4
- 6 - H1 L2 -3
- 7 - H1 L2 -4
- 8 - H2 L2 -3
- 9 - H2 L3 -2
- 10 - H2 L2 -2
- 11 - H1 L2 -3
- 12 - H2 L3 -1
- 13 - H1 L1 -3
- 14 - H2 L1 -3
- 15 - H1 L3 -3
- 16 - H1 L1 -2
- 17 - H2 L2 -1
- 18 - H1 L2 -2
- 19 - H1 L3 -2
- 20 - H2 L1 -2
- 21 - H1 L1 -1
- 22 - H2 L1 -1
- 23 - H1 L2 -1
- 24 - H1 L3 -1

celas receberam a mesma quantidade de água até a maturação dos grãos, quando então foram suspensas as irrigações.

Neste período, do início da floração até a maturação dos grãos, foi adotada a profundidade de molhamento do solo de 20 cm, impondo-se, desta forma, as mesmas frequências de irrigação a todas as parcelas.

Adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada aos 21 dias após o plantio, seguida de capina mecânica, visando, principalmente, ao enterrio do fertilizante e à amontoa no caule da planta.

Tratamentos fitossanitários preventivos foram aplicados, tendo em vista as condições de clima e local (casa de vegetação e horticultura), mais favoráveis ao ataque e desenvolvimento de pragas. Além destes tratamentos, foram efetuadas aplicações mais intensificadas, conforme a necessidade, ou seja, quando o aparecimento de praga ou doença colocava em risco o bom andamento da cultura.

A colheita foi realizada entre os dias 9 e 15 de março, dependendo do tratamento e determinando, para a cultura, um ciclo de 80 a 86 dias.

3.8. Parâmetros de avaliação

Com o objetivo de verificar-se os possíveis efeitos dos tratamentos experimentados, foram realizadas as avaliações de estabelecimento da cultura no solo, através dos parâmetros índice velocidade de emergência, percentagem de emergência, comprimento de hipocótilo e peso de plântulas secas. Avaliou-se, ainda, os parâmetros área foliar e peso de plantas secas (desenvolvimento vegetativo), no estádio correspondente ao início da floração.

3.8.1. Estabelecimento da cultura no solo

3.8.1.1. Índice de velocidade de emergên cia (VE)

Realizado de acordo com POPINIGIS (1977).

o cálculo do índice de velocidade de emergência foi feito a partir da emergência da primeira plântula, dividindo-se o número de plântulas emergidas a cada dia pelo número de dias transcorridos da data da semeadura. O somatório dos índices diários, até o dia em que o número de plântulas emergidas se tornou constante, resultou no índice velocidade de emergência, apresentado a seguir:

$$VE = \frac{N1}{01} + \frac{N2}{02} + \dots + \frac{Nn}{Dn} = \sum_{n=1}^{n=n} \frac{Nn}{Dn}$$

sendo:

VE = índice de velocidade de emergência;

Nn = número de plântulas emergidas;

Dn = número de dias transcorridos após a semeadura.

Considerou-se como plântulas emergida aquela que rompeu a superfície do solo, apresentando plúmula, cotilédones e hipocótilo bem diferenciado.

3.8.1.2. Percentagem de emergência (PE)

A contagem final das plântulas emergidas, considerada no cálculo do índice de velocidade de emergência, ou seja, quando o número de plântulas emergidas tornou-se constante, determinou o valor da percentagem de emergência no solo.

3.8.1.3. Comprimento do hipocótilo (CH)

Foram colhidas 5 plântulas por repetição de cada tratamento e considerou-se como comprimento do hipocótilo a distância compreendida entre o nó cotiledonar e a região onde se diferencia a raiz primária. O comprimento do hipocótilo de uma plântula foi calculado dividindo-se o total das medidas pelo número de plântulas avaliadas.

3.8.1.4. Peso de plântulas secas (PS)

Foi avaliada utilizando-se as 5 plântulas colhidas para a determinação do comprimento do hipocótilo. Após a sua determinação, as plântulas foram colocadas em saquinhos de papel e levadas para secar em estufa a 70°, até peso constante. A seguir, procedeu-se à pesagem das plântulas e aos cálculos para obtenção dos dados médios de g/5 plântulas.

3.8.2. Desenvolvimento vegetativo

3.8.2.1. Área foliar das plantas (AF)

O efeito dos tratamentos no crescimento vegetativo das plantas foi avaliado através da determinação da área foliar e peso de plantas secas, na fase de máximo desenvolvimento vegetativo considerado, ou seja, no início da floração.

A área foliar foi estimada de acordo com Blackman & Wilson (1951) citados por LUCCHESI(1984), utilizando-se um perfurador de folhas e tomando-se amostras dos discos de tecido foliar de área conhecida e relacionando o peso da matéria seca da área conhecida dos discos com o peso da matéria seca do restante da folha. Foi utilizado um perfurador de área igual a 1,02 cm² e tomados 100 discos de tecido foliar de cada uma das três plantas colhidas nas parcelas experimentais.

3.8.2.2. Peso de plantas secas (PPS)

Para a determinação do peso seco, colocou-se o material em estufa, à temperatura de 70° a 75°C, até apresentar peso constante, e posteriormente pesado em balança de precisão de 0,001 g.

3.8.3. Produção de grãos

Era intenção obter os dados referentes aos componentes do cálculo da produção de grãos, número de va

gens por planta, número de grãos por vagem e peso do grão . Isto, entretanto, não foi possível devido aos seguintes problemas: (i) no dia 9 de fevereiro constatou-se a entrada de água em toda a extensão da casa de vegetação, em face de chuva intensa ocorrida no dia anterior (97,8 mm), e as estruturas de proteção contra entrada de água não foram eficientes; e (ii) também nesta fase, houve ataque de mosca branca e infestação de mosaico dourado, o que afetou muitas plantas. Todavia, como as plantas para avaliação do desenvolvimento vegetativo já haviam sido colhidas, ficou garantida a proteção das parcelas.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estabelecimento da cultura no solo

Os resultados obtidos, relativos ao estabelecimento da cultura no solo, avaliados através das determinações do índice de velocidade de emergência (VE), percentagem de emergência (PE), comprimento de hipocótilo (CH) e peso das plântulas secas (PS), encontram-se na Tabela 5 e Figura 8.

As Tabelas 6, 7, 8 e 9 apresentam os resultados das análises de variância dos dados observados e as análises de variância dos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis experimentais, nos casos de interações significativas, entre profundidade de semeadura e profundidade de molhamento do solo.

O efeito dos tratamentos profundidade de semeadura e profundidade de molhamento do solo, no estabelecimento da cultura de feijão no solo, avaliado através dos parâmetros índice de velocidade de emergência, percentagem de emergência, comprimento de hipocótilo e peso das plântulas secas, indica que há um comportamento diferenciado da cultura quando se altera os níveis de profundidade de semeadura e de molhamento do solo, o que ocorre também, quando se combina estas variáveis.

Figura 8 - Efeitos dos tratamentos sobre o estabelecimento da cultura no solo.

TABELA 5. Efeitos dos tratamentos profundidade de semeadura e de molhamento do solo sobre o estabelecimento da cultura no solo.

Tratamento	VE	PE (%)	CH (cm)	PS (g)*
H1L1	12,83A	96,43A	12,32A	6,64A
H1L2	10,12B	92,00A	9,10B	5,35AB
H1L3	9,09C	79,02B	9,42B	4,51B
H2L1	10,85A	89,73B	11,25A	5,35A
H2L2	11,40A	97,77A	12,49A	7,97B
H2L3	7,38B	79,91C	8,99B	4,66B

* - Valores correspondentes ao peso de 5 plântulas secas.

Obs.: 1) a comparação das médias foi feita após o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos.

2) médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Quadro da análise de variância do índice de velocidade de emergência.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
Profundidade Semeadura (H)	1	3,88	3,88	12,80*
Profundidade Molhamento (L)	2	54,74	27,37	90,31*
H x L	2	13,04	6,52	21,52**
Resíduo	18	5,45	0,30	
Total	23	77,11		

CV = 5,36

DESDOBRAMENTO

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
H	1	3,88	3,88	12,80*
L d H1	2	29,80	14,90	50,87**
L d H2	2	37,97	18,99	60,64**

Obs.: * significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

TABELA 7. Quadro da análise de variância da percentagem de emergência

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
Profund. semeadura (H)	1	0,53	0,53	0,02 (n.s.)
Profund. molhamento (L)	2	1.177,45	588,73	20,90*
H x L	2	138,98	69,49	2,47 (n.s.)
Resíduo	18	507,01	28,17	
Total	23	1.823,98		

CV = 5,94

Obs.: ** significativo ao nível de 1%
(n.s.) não significativo

TABELA 8. Quadro da análise de variância do comprimento do hipocótilo

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
Profund. semeadura (H)	1	2,37	2,37	1,64 (n.s.)
Profund. molhamento (L)	2	27,16	13,58	9,41**
H x L	2	23,28	11,64	8,07**
Resíduo	18	25,96		

CV = 11,33

DESDOBRAMENTO

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
H	1	2,37	2,37	1,64 (n.s.)
L d H1	2	25,17	12,59	6,30*
L d H2	2	25,27	12,63	14,26**

Obs.: * significativo ao nível de 5%
** significativo ao nível de 1%
(n.s.) não significativo

TABELA 9. Quadro da análise de variância do peso das plântulas secas

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
Profund. semeadura (H)	1	1,46	1,46	1,44 (n.s.)
Profund. molhamento (L)	2	17,92	8,96	8,85**
H x L	2	15,69	7,85	7,75*
Resíduo	18	18,22	1,01	
Total	23	53,29		

CV = 17,50

DESDOBRAMENTO

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
H	1	1,46	1,46	1,44 (n.s.)
L d H1	2	9,23	4,61	2,57 (n.s.)
L d H2	2	24,38	12,19	53,52**

Obs.: ** significativo ao nível de 1%

* significativo ao nível de 5%

(n.s.) não significativo

Com base nos resultados dos testes estatísticos, verifica-se que o efeito da profundidade de semeadura é significativo, ao nível de 1% de probabilidade, para o índice de velocidade de emergência, mas não é significativo, até o nível de 5% de probabilidade, para a percentagem de emergência, comprimento de hipocótilo e peso das plântulas secas (Tabelas 7, 8, 9 e 10).

Já o efeito da profundidade de molhamento do solo é significativo, ao nível de 5%, para o índice de velo

cidade de emergência e percentagem de emergência e, ao nível de 1%, para o comprimento de hipocótilo e peso de plântulas secas.

Destes resultados, pode-se constatar que os tratamentos de profundidade de molhamento do solo influenciaram mais acentuadamente o estabelecimento da cultura no solo do que os tratamentos de profundidade de sementeira. A combinação de ambos, no entanto, também afetou os resultados, pois as análises de variância mostraram significância das interações para todos os parâmetros, exceto para a percentagem de emergência, cujas diferenças parecem não ter sido causadas nem pela profundidade de sementeira, nem pela interação dos fatores, mas apenas pela profundidade de molhamento do solo.

As diferentes profundidades de molhamento do solo proporcionaram às parcelas experimentais diferentes condições de umidade, visto que as lâminas de água eram aplicadas quando se esgotava 70% da capacidade de água disponível no perfil do solo, conforme indicado no item 3.6.1 de materiais e métodos. Tal procedimento impôs às parcelas diferentes frequências de aplicação de água, em função dos três tratamentos de profundidade de molhamento do solo, o que pode ser observado nas Figuras 9, 10 e 11. A lâmina total de água aplicada às parcelas foi a mesma para os três tratamentos de profundidade de molhamento do solo, correspondente à evapotranspiração da cultura, estimada em 205,11 mm.

Os resultados, constatados pelas diferentes performances da cultura no estabelecimento do estande, mostraram, claramente, que as diferentes condições do solo impuseram modificações nos fatores básicos requeridos para os processos de germinação das sementes e subsequente emergência das plântulas. Estas performances diferentes parecem ter sido mais afetadas pela profundidade de molhamento do solo, conforme se pode verificar nos quadros das análises de vari

Figura 9 - Frequência de irrigação no tratamento L1 (profundidade de molhamento do solo de 10 cm) e variação do coeficiente K_c para a cultura de feijão nos diversos estágios do ciclo.

Figura 10 - Frequência de irrigação no tratamento L2 (profundidade de molhamento do solo de 20 cm) e variação do coeficiente K_c da cultura de feijão nos diversos estágios do ciclo.

Figura 11 - Frequência de irrigação no tratamento L3 (profundidade de molhamento do solo de 30 cm) e variação do coeficiente Kc para a cultura de feijão nos diversos estágios do ciclo.

ância. Por outro lado, os desdobramentos dos graus de liberdade mostram a importância dos efeitos dos níveis de molhamento dentro de cada nível de profundidade de semeadura.

Para o índice de velocidade de emergência, o efeito das profundidades de molhamento do solo, em cada profundidade de semeadura, apresenta diferenças altamente significativas. A mesma conclusão pode-se tirar quanto ao comprimento de hipocótilo, cujas médias apresentaram diferenças significativas, quando foram comparados os efeitos da profundidade de molhamento do solo dentro da profundidade de semeadura de 3,0 cm, e diferenças altamente significativas, quando comparados os efeitos dentro da profundidade de semeadura de 7,0 cm.

Na análise do quadro da análise de variância do desdobramento para o peso de plântulas secas verifica-se que não há diferenças significativas entre os efeitos da profundidade de molhamento do solo, dentro da menor profundidade de semeadura. Já na de maior profundidade, as diferenças são altamente significativas.

A comparação dos valores médios dos parâmetros avaliados foi realizada de modo desdobrado, isto é, analisando-se separadamente, os três níveis de profundidade de molhamento do solo dentro de cada um dos níveis de profundidade de semeadura, visto que as interações dos fatores foram significativas e as análises de variância indicaram maior importância do efeito da profundidade de molhamento do solo sobre os resultados. Neste caso, a comparação das médias sem o desdobramento perde o sentido.

Assim, analisando-se o efeito da profundidade de molhamento do solo sobre os resultados, através da Tabela 5, verificam-se duas conclusões. Dentro da profundidade de semeadura de 3,0 cm, as médias de índice de velocidade de emergência, provenientes das três profundidades de molhamento do solo, diferem estatisticamente entre si, sendo

tanto maior o índice de velocidade de emergência, quanto menor for a profundidade de molhamento do solo. O mesmo ocorreu dentro da profundidade de semeadura de 7,0 cm, embora sem diferenças entre os níveis 1 e 2 de profundidade de molhamento do solo.

Igualmente, menores profundidades de molhamento do solo resultaram maiores valores para percentagens de emergência, não sendo, no entanto, significativas as diferenças entre os níveis L1 e L2 de molhamento, dentro da menor profundidade de semeadura.

Comparando-se as médias de comprimento de hipocótilo, observa-se, também, maiores valores para menores profundidades de molhamento do solo. As diferenças não foram significativas entre os níveis L2 e L3 de profundidade de molhamento do solo, dentro da menor profundidade de semeadura, e nem entre os níveis L1 e L2, dentro da maior profundidade.

Com relação ao peso de plântulas secas constatou-se que, dentro da menor profundidade de semeadura, os efeitos da profundidade de molhamento do solo L1 não diferiram de L2 e ambos são superiores a L3. Dentro da maior profundidade de semeadura, a profundidade L1 foi superior a L2 e L3, que não diferiram entre si, estatisticamente.

Os melhores resultados foram obtidos dos tratamentos correspondentes às menores profundidades de molhamento do solo (maiores frequências de irrigação), onde havia maior disponibilidade hídrica na camada do solo, então explorada pela cultura. Estes resultados estão de acordo com a literatura consultada, como em DONEEN & MAC GILLIVRAY (1943).

Por outro lado, as parcelas de maiores profundidades de molhamento do solo receberam, logo após a semeadura, lâminas maiores de água, através de irrigação.

ORPHANOS (1977) observou falhas na emergência, quando este tipo de manejo era adotado, devido à resistência mecânica oferecida pela formação de crostas na superfície do solo. HEYDECKER (1956) fez considerações semelhantes.

A análise conjunta dos resultados indica que os tratamentos H1L1 (profundidade de semeadura de 3,0 cm e profundidade de molhamento de 10 cm) e H2L2 (profundidade de semeadura de 7,0 cm e profundidade de molhamento de 20 cm) levaram aos melhores resultados para o estabelecimento do estande.

Analizando-se conjuntamente o efeito dos tratamentos, pode-se concluir que o tratamento H2L2 (profundidade de semeadura de 7,0 cm e profundidade de molhamento do solo de 20 cm) é mais indicado que H1L1 (profundidade de semeadura de 3,0 cm e profundidade de molhamento do solo de 10 cm), ambos resultando em melhor desempenho da cultura quanto ao estabelecimento no solo, pois aquele implica em menor frequência de irrigação, com conseqüente economia de mão-de-obra na utilização do equipamento.

4.2. Desenvolvimento vegetativo

A avaliação do efeito da profundidade de semeadura e profundidade de molhamento do solo, sobre o desenvolvimento vegetativo, apresentou os resultados constantes da Tabela 10 e Figura 12, relativos à área foliar (AF) e peso de plantas secas (PPS).

As Tabelas 11 e 12 apresentam os quadros das análises de variância dos dados observados e dos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis experimentais, uma vez que houve efeito significativo da interação das variáveis.

Verifica-se, ao observar os resultados, que não houve efeito significativo causado pela profundidade de semeadura sobre o desenvolvimento vegetativo, nem na área foliar e nem no peso de plantas secas.

Figura 12 - Efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento vegetativo da cultura.

TABELA 10. Efeitos dos tratamentos profundidade de semeadura e de molhamento do solo sobre o desenvolvimento vegetativo da cultura.

Tratamentos	AF (cm ² /pl)	PPS (g/pl)
H1L1	11,07C	3,76C
H1L2	30,64A	9,92A
H1L3	21,10B	7,28B
H2L1	20,98B	7,28B
H2L2	32,04A	9,71A
H2L3	12,49C	4,93C

Obs.: 1) a comparação das médias foi feita após o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos.

2) médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 11. Quadro da análise de variância da área foliar

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
Prof. semead. (H)	1	4,87	4,87	0,84 (n.s.)
Prof. molham. (L)	2	1191,67	595,83	103,28**
H x L	2	344,06	172,03	29,82**
Resíduo	18	103,84	5,77	
Total	23	1644,44		

CV = 11,23

DESDOBRAMENTO

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
H	1	4,87	4,87	0,84 (n.s.)
L d H1	2	766,70	383,35	50,12**
L d H2	2	769,02	384,51	98,84**

Obs.: * significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

(n.s.) não significativo

TABELA 12. Quadro da análise de variância do peso de plantas secas.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
Prof.semeadura (H)	1	0,60	0,60	1,00 (n.s)
Prof.molhamento (L)	2	86,83	43,41	72,15**
H x L	2	35,20	17,60	29,25**
Resíduo	18	10,83	0,60	
Total	23	133,46		

CV = 10,85

DESDOBRAMENTO

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F
H	1	0,60	0,60	1,00 (n.s)
L d H1	2	45,77	22,89	59,10**
L d H2	2	76,26	38,13	46,71**

Obs.: * significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

(n.s.) não significativo

Por outro lado, o efeito da profundidade de molhamento do solo mostrou-se altamente significativo, tanto para a área foliar, quanto para o peso de plantas secas. A combinação dos tratamentos também afetou os resultados de desenvolvimento vegetativo, com um nível de significância menor que 1%.

A análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade da variável profundidade de molhamento do solo, foi realizada devido à alta significância do efeito da interação dos tratamentos e da não significância do efeito da profundidade de semeadura sobre os resultados. Pode-se concluir, dos valores observados, tanto para a área foliar quanto para o peso de plantas secas, que houve diferenças altamente significativas, entre os três níveis de profundidade de molhamento do solo, dentro do nível um e do

nível dois de profundidade de semeadura. Ou seja, dentro dos dois níveis de profundidade de semeadura, separadamente, há diferenças significativas entre os efeitos dos níveis de profundidade de molhamento do solo.

Os resultados de área foliar e peso de plantas secas foram, então, comparados pelo teste de Duncan, separadamente dentro de cada nível de profundidade de semeadura, com as seguintes conclusões.

Para a área foliar, os resultados apresentaram diferenças significativas entre as três profundidades de molhamento do solo, dentro da menor profundidade de semeadura, como também dentro da maior profundidade. Nos dois casos, o melhor resultado foi para a profundidade de molhamento do solo de 20 cm. As mesmas observações são válidas para o peso de plantas secas, cuja comparação das médias comportou-se de modo idêntico, o que já era esperado, por quanto as duas avaliações foram feitas utilizando-se das mesmas plantas.

Verifica-se, nesta fase de avaliação, que alguns tratamentos tidos como melhores para o estabelecimento do estande apresentaram resultados inversos para o desenvolvimento vegetativo. Foi o que ocorreu com o tratamento H1L1 (profundidade de semeadura de 3,0 cm e profundidade de molhamento do solo de 10 cm), provavelmente devido à pequena camada do solo mantida no nível ótimo de disponibilidade hídrica, no período compreendido entre a emergência e o início da floração.

Por outro lado, tratamentos que levaram a resultados inferiores no estabelecimento do estande também apresentaram uma inversão nesta fase (H1L2 e H1L3), mostrando uma possível recuperação das plantas, nos tratamentos de maiores profundidades de molhamento do solo.

No entanto, os melhores resultados para área foliar e peso de plantas secas foram aqueles provenientes

tes do tratamento de 20 cm de profundidade de molhamento do solo, em ambas profundidades de semeadura. Portanto, o melhor desempenho da cultura, até a fase de máximo desenvolvimento vegetativo, foi observado, para os tratamentos H1L2 e H2L2, nas condições em que o experimento foi realizado.

Pode-se dizer também que a maior frequência de irrigação, imposta às parcelas pelo tratamento de profundidade de molhamento do solo L1, não levou aos melhores resultados de desenvolvimento vegetativo. Este resultado também foi observado por RESENDE et alii (1981).

5. CONCLUSÃO

Considerando-se os dados apresentados e discutidos, evidenciam-se as seguintes conclusões, para as condições em que foi realizado o experimento:

1. a profundidade de semeadura não afetou a percentagem de emergência, o comprimento de hipocótilo e nem o peso de plântulas secas; mas afetou o índice velocidade de emergência, que de um modo geral diminuiu com o aumento da profundidade;

2. a profundidade de semeadura também não afetou o desenvolvimento vegetativo da cultura, avaliado através da área foliar e de peso de plantas secas;

3. a profundidade de molhamento do solo de 10 cm é adequada para o estabelecimento do estande, mas inadequada para o desenvolvimento subsequente da cultura;

4. o melhor desempenho da cultura do feijoeiro foi obtido com a profundidade de molhamento de 20 cm, para qualquer das profundidades de semeadura;

5. a maior frequência de irrigação obtida através da menor profundidade de molhamento do solo, não levou ao melhor desempenho da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, P.B. et alii. Influência da profundidade de se
meadura na germinação de gramíneas e leguminosas forra
geiras. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, SP, 34
(1):121-6, jan/jun. 1977.
- ANDREOLI, C. Emergência de ervilha sob condições de campo.
Pesquisa Agropecuária Brasileira, 15(1):117-20, jan.1980.
- AZEVEDO, J.A.de & CAIXETA, T.J. Irrigação do feijoeiro. Pla
naltina, EMBRAPA-CPAC, 1986.23p (EMBRAPA.CPAC. Circular
Técnica,23).
- BACALTCHUK, B. Seedling and stand stablishment
characteristics of barley (Hordeum vulgare L.) and wheat
(Triticum aestivum L.) genotypes of different plant
heights. Washington, Washington State University, 1982.
(Mestrado-Wahington State University).
- BAERWALD, B.D. & GUROVICH, R.L.A. Efecto del potencial del
água en el suelo sobre a germinacion de semillas de dos
especies forrageiras. Ciência e Investigação Agrária, 6
(2): 155-8, 1979.
- BARNI, N.A.; PUEDELL, J.; HILGERT, E.R.; FERES, J.; GOMES,
J.E.S. & GONÇALVES, J.C. Efeito do tamanho de semente e
profundidade de semeadura sobre emergência, rendimento e
características agronômicas de três cultivares de soja.
In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DA SOJA,4., Porto Ale
gre, 1976.
- BERGAMASHI, H. & WESTPHALEN, S.L. Efeito de regimes de umi
dade do solo em diferentes estádios de desenvolvimento e
populações no rendimento do feijoeiro (Phaseolus vulga
ris L.). In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO FEIJÃO, 13., Porto
Alegre, 1976. Ata...Porto Alegre, IPA, 1976.p. 35-40.
- BEVERIDGE, J.L. & WILSIE, O.P. Influence of depth of
planting, seed-size, and variety on emergence and

- seedling vigor in alfafa. Agronomy Journal, 52(9):731-4, 1959.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Vegetal e Divisão de Sementes e Mudas. Regras para análise de sementes. Brasília, 1976. 188 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Formação Profissional Rural, Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis. Manual do Irrigante, por Beranger Arnaldo de Araújo e outros. Brasília, 1986, 790 p. (Coleção Básica Rural, 21).
- BURCH, T.A. & DELOUCHE, J.C. Absorption of water by seeds. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts 49:142-50, 1959.
- CAMARGO, A.; PINTO, H.S.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R. & ORTOLANI, A.A. Clima do Estado de São Paulo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO, Campinas, SP. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. V. 1. 1974.
- CAPELARO, A.L.; SILVA FILHO, A.E.P. da; PETRINI, J.A. & SILVEIRA JÚNIOR, P. Influência do preparo do solo, tamanho de sementes e profundidade de semeadura na emergência de sorgo sacarino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 21(8): 885-93, ago. 1986.
- COLLIS-GEORGE, N. & HECTOR, J.B. Germination of seeds as influenced by matric potencial and by area of contact between seed and soil water. Australian Journal of Soil Research, 4:145-64, 1966.
- DASGUPTA, J.; BEWLEY, J.D. & YEUNG, E.C. Desiccation-tolerant and desiccation-intolerant stages during the development and germination of Phaseolus vulgaris seeds. Journal of Experimental Botany, 33(136): 1045-57, Oct. 1982.
- DONEEN, L.D. & MAC GILLIVRAY, J.H. Germination (emergence) of vegetable seed as affected by different soil moisture condition. Plant Physiology, 18: 524-9, 1943.

DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Las necesidades de água de los cultivos. Roma, FAO, 1976. 194 p. (Estudio FAO:Riego e Drainage, 24).

DUBETZ, S. & MAHALE, P.S. Effect of soil water stress on bush beans (Phaseolus vulgaris L.) at three stages of growth. Journal of the American Society for Horticultural Science, 94:479-81, 1969.

EMBRAPA-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979, n.p.

ERICKSON, L.C. The effect of alfafa seed size and depth of seeding upon the subsequent procurement of stant. Journal of the American Society of Agronomy, 38(11):964-73, 1946.

FARIA, R.T. de. Irrigação da cultura do feijão. In: CURSO SOBRE A CULTURA DE FEIJÃO NO PARANÁ, 1. Londrina, 1981. A postila..., Londrina, IAPAR, cap.16.

GARRIDO, M.A.T.; LIMA, C.A.S. & PURCINO, J.R.C. Efeito do déficit de água em alguns períodos do ciclo de crescimento sobre o rendimento do feijoeiro comum. Projeto Feijão-Relatório 78/79. Belo Horizonte, EPAMIG, 1982.

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. Projeto Feijão-Relatório 77/78. Belo Horizonte, EPAMIG, 1979.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo no rendimento do feijoeiro comum, na região norte de Minas Gerais. Projeto Feijão-Relatório 78/79. Belo Horizonte, EPAMIG, 1982.

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. Projeto Feijão-Relatório 75/76. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978.

GILIOI, J.L.; PEREIRA, L.A.G.; ALMEIDA, A.M.R. & COSTA, N.

- P. Efeito de profundidade de semeadura e do tratamento de sementes de soja com fungicida, sobre a emergência, em solo com diferentes condições de umidade. Fitopatologia Brasileira, (6):87-92, 1981.
- HEYDECKER, W. Establishment of seedlings in the field. I. Influence of sowing depth on seedling emergence. Journal of Horticultural Science, 31(2): 76-87, 1956.
- HOBBS, P.R. & OBENDORF, R.L. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. Crop Science, Madison, 13:664-6, 1972.
- HOSTALÁCIO, S. & VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão, cv. goiano precoce, em diferentes regimes de irrigação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 19(2):211-8, fev., 1984.
- INFORZATO, R.; GUIMARÃES, G. & BORGONOV, M. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz e do feijoeiro em duas séries de solo do vale do Paraíba. Bragantia, 23:365-9, 1964.
- INFORZATO, R. & MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. Bragantia, 22:477-81, 1963.
- KATTAN, A.A. & FLEMING, J.W. Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality, growth and composition of snap beans. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 68:329-42, 1956.
- LIMA, M.G. & OLITTA, A.F.L. Estudo da resistência à seca em cultivares de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2., Salvador, 1978.
- LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. ANAIS DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ", 41:181-2, 1984.

- MACHADO, R.C.R.; RENA, A.B. & VIEIRA, C. Efeito da desidratação osmótica na germinação de sementes de vinte cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.). Revista Ceres, 23(128):310-20, 1976.
- MAGALHÃES, A.A. de & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 13(2):55-60, 1978.
- MAGALHÃES, A.A. de; MILLAR, A.A. & CHOUDHURY, E.N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. Turrialba, 29(4):269-73, 1979.
- MAGALHÃES, A.C. & CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.) sob condições variadas de pressão osmótica. Bragantia, (31):19-25, jan.1972.
- MEDINA, P.V.L.; MEDINA, R.M.T.; COUTO, F.A.A. & GOMES, F.R. Efeito da profundidade de plantio, tipo de leito e modo de semeadura sobre a germinação de quiabo. Revista Ceres, 21(116):302-9, 1974.
- MIRANDA, N. & BELMAR, N.C. Water stress and irrigation frequency Phaseolus vulgaris beans. Agricultura Técnica, 37(3):111-7, 1977.
- MOHAMED, G.E. The effect of irrigation frequency on grain yield and yield components of faba bean. FABIS NEWSLETTER - Faba Bean Information Service, (3):39, Apr., 1981.
- MOORE, R.P. Seedling emergence of small-seeded legumes e grasses. Journal of the American Society of Agronomy, 35(5):370-81, 1943.
- MURPHY, R.P. The emergence of small-seeded legumes and grasses. Journal American Society Agronomy, Madison, 35:370-81, 1943.
- OBRUCHEVA, N.V.; KULIEVA, L.S. & KOZHEMYAKINA, I.S. Level of seed water content critical for the outset of

- germination. Soviet Plant Physiology, 30:144-8, 1983.
- ORPHANOS; P.I. Emergence of Phaseolus vulgaris seedlings from wet soil. Journal of Horticultural Science, 52:447-55, 1977.
- ORPHANOS, P.I. & HEYDECKER, W. On the nature of the soaking injury of Phaseolus vulgaris seeds. Journal of Experimental Botany, 19(61):770-84, Nov., 1968.
- PARKER, J.J.J. & TAYLOR; H.M. Soil strength and seedling emergence relations. I. Soil type, moisture tension, temperature, and planting depth effects. Agronomy Journal, 57(3):289-91, 1965.
- PARRISH, D.J. & LEOPOLD, A.C. Transient changes during soybean inhibition. Plant Physiology, Lancaster, 59:1111-5, 1977.
- PESKE, S.T. & DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 20(1): 69-85, 1985.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília. Ministério da Agricultura/AGIPLAN, 1977, 298 p.
- POWELL, A.A. & MATHEWS, S. The damaging effect of water dry pea embryos during inhibition. Journal Experimental Botany, London, 29(112): 1215-29, 1978.
- 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 de feijoeiro comum. Projeto Feijão - Relatório 76/77, Belo Horizonte, EPAMIG, 1978.
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T. Carta de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, Centro de Estudos de Solos, 1966. 85 p.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SANTOS, J.M. dos. Analysis of soil-water moment in the field: II-Water balance in a snap bean crop. Piracicaba, CENA/ESALQ/USP, 1974. 19p. (Bo

letim Científico, 22).

- RESENDE, M.; HENDERSON, D.W. & FERERES, E. Frequência de irrigação, desenvolvimento e produção do feijão Kidney. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 16(3):363-70, 1981.
- ROBINS, J.S. & DOMINGO, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. Agronomy Journal, 48:67-70, 1978.
- SALASSIER, Bernardo. Manual de irrigação. 3. ed. Viçosa, Imprensa Universitária, 1984, 463p.
- SARTORATO, A. et alii. Recomendações técnicas para a cultura do feijão com irrigação suplementar. 2. ed. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1983. 22p.
- SEPASKHAH, A.R. & ARDEKANI, E.R. Effect of soil matric potencial and seeding depth on emergence of barley. Agronomy Journal, (70):728-731, Sept/Oct. 1978.
- SOARES, J.M. Sistemas de irrigação por mangueira. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1986. 130p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 13).
- STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno (Phaseolus vulgaris L.). Goiânia. EMBRAPA-CNPAF, 1984, (EMBRAPA-CNPAF. Pesquisa em Andamento, 47).
- STOKER, R. Effect on dwarf beans of water stress at different phases of growth. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 2(1):13-5, 1974.
- STONE, L.F. & MOREIRA, J.A.A. Irrigação do feijoeiro. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1986 (EMBRAPA-CNPAF, Circular Técnica, 20).
- VILLA NOVA, N.A.V. Principais métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação. Piracicaba, ESALQ SP, 1987, 12p.
- WARREN, G.F. Effect of rate and depth of seedling on the yield and maturity, of Hendercon bush lima beans.

Proceedings American Society Horticultural Science. New
York, 55:372-74, 1950.