

ANTÔNIO MARTINEZ DE CARVALHO

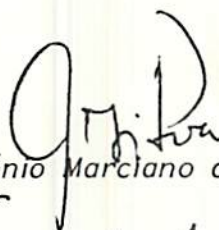
EFEITOS DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E FORMAS DE PARCELAMENTO
DE NITROGÊNIO EM COBERTURA, VIA FERTIRRIGAÇÃO, NO
RENDIMENTOS DE GRÃOS DA CULTURA DO FEIJOEIRO
(Phaseolus vulgaris L.), cv.CARIOCA.

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do grau de "Magister Science."

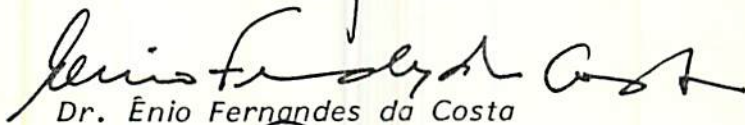
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS – MINAS GERAIS
1992

EFEITOS DE DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E FORMAS DE PARCELAMENTO DE
NITROGÊNIO EM COBERTURA, VIA FERTIRRIGAÇÃO, NO RENDIMENTO DE GRÃOS
DA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. CARIOCA.

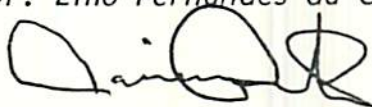
APROVADA:



Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva



Dr. Ênio Fernandes da Costa



Dr. Lairson Couto



Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade

Aos meus pais
José Armando de Carvalho (in memoriam) e
Luzia Reis de Carvalho
que sempre se orgulharam de minha existência
e me ensinaram os caminhos da vida.

A minha esposa
Sônia
que sempre se aliou a mim
para enfrentar e solucionar os problemas

e às minhas filhas
Samantha e Suellen Martinez
que me fazem valorizar a terra
e ceifá-la para produzir mais alimentos

DEDICO

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANTÔNIO MARTINEZ DE CARVALHO, filho de José Armando de Carvalho e Luzia Reis de Carvalho, nasceu em Carrancas-MG, aos 10 dias do mês de março de 1951.

Realizou seus estudos do 1º e 2º grau nos Colégios Estaduais Dom Delfin em Itumirin-MG e Dr. João Batista Hermeto, em Lavras-MG, concluindo em 1972.

Ingressou, em janeiro de 1973, no Curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL; graduando-se em dezembro de 1976.

Em 1977, foi contratado pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, lotado na Divisão Territorial Técnica em Porto Velho-RO, até agosto de 1979. Assumiu posteriormente, a Diretoria Técnica do Instituto de Terras do Amazonas em Manaus - AM, até dezembro de 1980. A partir do início de 1981 prestou serviços a Comissão Estadual de Planejamento Agrícola, CEPA-AM, na elaboração do Programa Estadual de Irrigação.

Em 1982, foi contratado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Amazonas - EMATER-AM, na função de Coordenador Estadual de Irrigação até maio de 1984.

Em julho de 1984, foi contratado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - EMATER-MG, na função de Coordenador Regional de Irrigação em Pedra Azul - MG, sendo em 1986, promovido ao cargo de Coordenador Estadual de Irrigação da EMATER-MG, em Belo Horizonte - MG.

Em janeiro de 1989, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, sub-área Grandes Culturas na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

Atualmente, dedica-se ao setor de irrigação da EMATER-MG.

AGRADECIMENTOS

Reconhecimentos Especiais

A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER - MG), pelo reconhecimento profissional e oportunidade oferecida.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, através de seus Departamentos de Agricultura e Engenharia, pela oportunidade do curso.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS/EMBRAPA, pela realização deste trabalho em sua área experimental.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela cessão de bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva - ESAL, pela segura orientação no trabalho, amizade, estímulo e ensinamentos concedidos.

Ao Dr. Enio Fernandes da Costa - CNPMS/EMBRAPA, pela amizade, estímulo, orientação e apoio na realização do trabalho de campo.

Ao Dr. Lairson Couto - CNPMS/EMBRAPA pela amizade, estímulo e orientação na realização do trabalho.

Sinceros Agradecimentos

Ao Dr. Antônio Carlos de Oliveira - CNPMS/EMBRAPA, pela valiosa colaboração nas análises e interpretações estatísticas.

Aos laboratoristas do CNPMS/EMBRAPA, pelo valioso apoio em análise de solos.

As equipes de campo, do Setor de Irrigação e Mecanização, CNPMS/EMBRAPA, pela dedicação e boa vontade no auxílio aos trabalhos de campo.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para viabilizar este trabalho.

Muito Obrigado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	05
2.1. Vantagens e limitações da fertirrigação	05
2.2. Períodos críticos à deficiência hídrica do feijoeiro.....	07
2.3. Demanda hídrica da cultura do feijoeiro	09
2.4. Sistema radicular do feijoeiro	11
2.5. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada no feijoeiro	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Localização e caracterização da área	16
3.2. Características físicas e químicas do solo	17
3.3. Sistema de aplicação de água	19
3.4. Manejo da irrigação	23

3.5. Aplicação de nitrogênio em cobertura	23
3.6. Delineamento experimental	24
3.7. Instalação do experimento	24
3.8. Observações fenológicas	27
3.8.1. Emergência	27
3.8.2. Floração	27
3.8.3. Início do enchimento de vagens	27
3.8.4. Início da maturação	28
3.8.5. Maturação de colheita	28
3.9. Rendimento de grãos e componentes da produção ...	28
3.9.1. Rendimento de grãos	28
3.9.2. Componentes da produção	29
3.9.2.1. Peso médio de 100 sementes	29
3.9.2.2. Número de vagens por planta	29
3.9.2.3. Número de sementes por vagem	30
3.10. Eficiência do uso de água	30
3.11. Estimativa da evapotranspiração do feijoeiro ...	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Duração dos estádios fenológicos da cultura do feijoeiro	34
4.2. Manejo de irrigação	36
4.3. Rendimento de grãos	39
4.4. Componentes do rendimento	42
4.4.1. Peso médio de 100 sementes	42

	x
4.4.2. Número de vagens por planta	46
4.4.3. Número de sementes por vagem	51
4.5. Eficiência no uso de água	54
4.6. Evapotranspiração do feijoeiro	59
5. CONCLUSÕES	74
6. RESUMO	76
7. SUMMARY	80
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

Tabela

Página

4	Resumo da análise de variância do rendimento médio de grãos (kg/ha) do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990	40
5	Rendimento médio de grãos do feijoeiro (kg/ha), em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990	41
6	Resumo da análise de variância de peso médio de 100 sementes do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990	44
7	Peso médio de 100 sementes em função das lâminas de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, Sete Lagoas, MG, 1990 .	45
8	Resumo da análise de variância do número de vagens por plantas do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990	48

Tabela

Página

9	Número médio de vagens por planta, em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, Sete Lagoas, MG, 1990	49
10	Resumo da análise de variância do número médio de sementes por vagem no feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990	51
11	Número médio de sementes por vagem no feijoeiro, em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, Sete Lagoas, MG, 1990	52
12	Resumo da análise de variância para a eficiência no uso de água pelo feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990	55
13	Valores médios da eficiência do uso de água (kg grãos/m ³ água) pelo feijoeiro, em função da água evapotranspirada e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990	56

Tabela

Página

14	Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, à profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L ₁ . Sete Lagoas, MG, 1990	59
15	Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, à profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L ₂ . Sete Lagoas, MG, 1990	60
16	Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, à profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L ₃ . Sete Lagoas, MG, 1990	61
17	Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, à profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L ₄ . Sete Lagoas, MG, 1990	62
18	Valores médios de ETa (mm/dia), em quatro estádios do ciclo da cultura do feijoeiro, em função de lâminas totais de água por parcela. Sete Lagoas, MG, 1990	72

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curvas características de retenção de umidade nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Sete Lagoas, MG, 1990	20
2	Diagrama esquemático da parcela e sub-parcela. Sete Lagoas, MG, 1990	21
3	Diagrama esquemático da avaliação de distribuição de lâmina d'água ao longo das linhas de irrigação. Sete Lagoas, MG, 1990	22
4	Diagrama esquemático dos blocos experimentais. Sete Lagoas, MG, 1990	25

Figura	Página
5 Estádios fenológicos da cultura do feijoeiro em função das lâminas (L) e parcelamento (P). Sete Lagoas, MG, 1990	35
6 Lâminas totais de água coletadas durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990	38
7 Rendimento médio de grãos do feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990	43
8 Peso médio de 100 sementes no feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990	47
9 Número médio de vagens por planta no feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990	50

Figura

Página

- 10 Número médio de sementes por vagem no feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990 53
- 11 Eficiência do uso de água, pelo feijoeiro, em função das lâminas evapotranspiradas dentro das formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990 58
- 12 Valores do teor de água em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L₁. Sete Lagoas, MG, 1990 63
- 13 Valores do teor de água em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L₂. Sete Lagoas, MG, 1990 64

Figura

Página

14	Valores do teor de água em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L ₃ . Sete Lagoas, MG, 1990	65
15	Valores do teor de água em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L ₄ . Sete Lagoas, MG, 1990	66
16	Valores do gradiente de energia potencial da água do solo, em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L ₁ . Sete Lagoas, MG, 1990	68
17	Valores do gradiente de energia potencial da água do solo em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L ₂ . Sete Lagoas, MG, 1990	69

Figura

Página

- 18 Valores do gradiente de energia potencial da água do solo, em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L₃. Sete Lagoas, MG, 1990 70
- 19 Valores do gradiente de energia potencial da água do solo, em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L₄. Sete Lagoas, MG, 1990 71

1. INTRODUÇÃO

A exploração da cultura do feijoeiro no Brasil destina-se basicamente a produção de grãos, sendo que o mercado interno absorve a totalidade da produção, pois trata-se de um alimento que compõe a dieta alimentar de todos os brasileiros, figurando-se como uma fonte de proteína de baixo custo.

O Brasil mantém-se por várias décadas como um dos principais produtores mundiais de feijão. A cultura ocupa uma área estável, oscilando entre 4,1 e 5,6 milhões de hectares, com uma produção de grãos da ordem de 1,9 a 2,8 milhões de toneladas (ANÁLISES, 1989). A partir desses dados observa-se uma produtividade média de 500 kg/ha, a qual apresenta-se muito baixa quando comparada à de outros países como é o caso do Japão, Turquia e Estados Unidos da América que alcançaram 1420, 1471 e 1486 kg/ha respectivamente. Com isso observa-se que existe ainda um grande potencial de produtividade a ser conquistado, com aplicação de técnicas mais adequadas, visando melhorar esses índices.

A produtividade do feijoeiro é função de diversos fatores, destacando-se os fatores climáticos e do solo. Dentre os fatores climáticos, a baixa precipitação pluviométrica é uma das principais causas do insucesso para obtenção de alta produtividade do feijoeiro. A irrigação é fundamental para diminuir esses riscos e insucessos das culturas nas regiões onde a distribuição das chuvas é irregular ou estacional. O feijoeiro é sensível ao déficit hídrico, como a maioria das culturas, com maior intensidade em certas fases de seu ciclo de desenvolvimento. Conforme citam SALTER & GOODE (1967), DUBETZ & MAHALLE (1969), RAGGI et alii (1976), MAGALHÃES & MILLAR (1978), GARRIDO et alii (1979) e MUIRHEAD & WHITE (1981), se ocorrer um déficit hídrico nas fases de pré-floração, floração ou pós-floração o rendimento reduz-se consideravelmente.

Tratando-se de agricultura irrigada, o que se questiona é o quanto e quando irrigar, referindo-se às quantidades de água que devem ser aplicadas à cultura e aos respectivos intervalos de rega que permitam obter rendimento que justifique os investimentos. E por outro lado, como irrigar, referindo-se ao sistema de aplicação de água que deve ser adotado, com vistas a uma distribuição uniforme da água no solo, reduzindo às perdas na aplicação.

Dos fatores do solo, a fertilidade tem-se destacado, por estar diretamente relacionada ao rendimento das culturas. Em solos de baixa fertilidade ou deficiente em elementos essenciais,

a adubação é uma prática recomendável para obtenção de bons rendimentos. Dentre os nutrientes que influenciam no rendimento do feijoeiro, o nitrogênio é o mais absorvido durante o ciclo da cultura (GALLO & MIYASAKA, 1961), seguido pelo potássio, cálcio, magnésio, enxofre e pelo fósforo.

O uso de áreas irrigadas por aspersão com a cultura do feijoeiro, no outono-inverno, aliado a uma boa tecnologia, vem sendo uma atividade rentável e tornando-se como uma alternativa promissora para o aumento da produção e da produtividade da cultura (ARAÚJO, 1981).

A disponibilidade de umidade e de nutrientes no solo é fundamental para o desenvolvimento das culturas e o conhecimento de como interagem esses fatores, possibilita um manejo adequado das irrigações e das adubações, visando otimização no uso da água e dos fertilizantes em cultivos irrigados.

Trabalhos com lâminas d'água e parcelamento de nitrogênio, a lanço, em cobertura, demonstraram uma melhor resposta à dosagem de nitrogênio de 90 kg/ha e lâminas de 300 e 350 mm (AZEVEDO, 1984; DEMATE et alii, 1974; STEINMETZ, 1984 e FRIZZONE, 1986). No entanto, observa-se a inexistência de trabalhos relacionando lâminas d'água e parcelamento de nitrogênio, em cobertura, via fertirrigação na cultura do feijoeiro, o que traduz-se em um vasto campo de trabalho a ser desenvolvido.

Assim sendo, o presente trabalho foi conduzido com os seguintes objetivos: a) estudar o efeito de diferentes lâminas

d'água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, via água de irrigação, sobre o rendimento e componentes de produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca;

b) estudar qual o melhor fator que relaciona a evapotranspiração da cultura do feijoeiro e a Evaporação Acumulada no Tanque "Classe A" para a região de Sete Lagoas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Vantagens e limitações da fertirrigação

A aplicação de produtos químicos via água de irrigação é uma prática que está sendo amplamente difundida e que apresenta uma série de vantagens, segundo alguns pesquisadores. WIERSMA (1969) destaca que a fertirrigação exige pouco trabalho a mais que a irrigação; utilizando-se os mesmos equipamentos, pode-se aplicar outros produtos em menores quantidades, quando comparado com outros métodos convencionais. Por meio da fertirrigação é possível dosar e fracionar a aplicação de fertilizantes da maneira desejada, com economia de mão-de-obra, redução da lixiviação e melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo (POMPA, 1974).

RAPOSO (1979) descreve que a fertirrigação possibilita a aplicação de adubação foliar, facilita a operação em cobertura em culturas densas e dosa com rigor as quantidades de nutrientes de

acordo com a marcha de absorção da cultura e por outro lado, também evita a compactação do solo pela não utilização de máquinas. Ainda como aspectos favoráveis, possibilita a utilização mais intensiva do sistema de irrigação, permitindo a aplicação de produtos independentemente da cultura e cobertura do solo (FREY, 1981).

SHANI (1981), em pesquisas realizadas em Israel comenta que a fertirrigação é uma maneira rápida e cômoda de operação, podendo ser praticada por um equipamento central para toda uma área ou para uma única parcela. A aplicação simultânea da água e do fertilizante aumenta a eficiência de ambos e a época de fertilização pode ser planejada em função do estágio de desenvolvimento da planta.

O sucesso de aplicação de produtos químicos via água de irrigação em países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, tem motivado agricultores de outros países, como o Brasil, a utilizar tal, tecnologia que apresenta vantagens na economia de mão-de-obra, uniformidade de aplicação, pouco contato do operador com os produtos e possibilidade de parcelamento do nutriente de acordo com as épocas críticas da cultura, além de simplificar as práticas culturais e melhorar a eficiência do uso do produto, reduzindo os custos de produção (EMBRAPA, 1990).

Dentre as limitações da fertirrigação, WIERSMA (1969) comenta que haverá uma distribuição desuniforme do produto quando o sistema de irrigação não for devidamente manejado. Comenta

ainda que o método não é apropriado para produtos insolúveis e pouco solúveis e que vários fertilizantes, principalmente os fosfatados, podem provocar reações químicas, originando precipitados e, por outro lado, alguns produtos são corrosivos, podendo danificar o sistema de irrigação. Entretanto, a maioria dos fertilizantes aplicados em cobertura, como os nitrogenados, são solúveis em água e pode-se evitar danificação dos equipamentos de irrigação, utilizando-se aplicadores após o conjunto moto-bomba, como é o caso do aplicador desenvolvido por EMBRAPA (1990), com o qual pode-se, ainda, evitar a contaminação de fontes de água e envenenamento de trabalhadores.

2.2. Períodos críticos à deficiência hídrica do feijoeiro

Todas as culturas possuem períodos críticos, no decorrer dos quais a deficiência de água causa consideráveis decréscimos na produção. Para a cultura do feijoeiro, esses períodos já estão bem definidos. SALTER & GOODE (1967) concluíram que se o déficit hídrico ocorrer no estágio de pós floração, há uma considerável redução no rendimento de grãos. E citam ainda que para obter rendimento máximo e boa qualidade de grãos, deve haver no solo umidade suficiente durante o período de florescimento e desenvolvimento de vagens.

Em estudos realizados por DUBETZ & MAHALLE (1969), foi observado que o estresse hídrico na cultura do feijoeiro, nas

fases de pré-floração, floração e pós-floração causam reduções na produção da ordem de 53%, 71% e 35% respectivamente, comprovando serem essas as fases de maior exigência hídrica da cultura. Já RAGGI et alii (1976), encontraram ser a deficiência hídrica mais prejudicial nas fases de floração e desenvolvimento da vagem.

A deficiência na fase do desenvolvimento vegetativo, segundo PARJOL (1976), reduz o tamanho das plantas, mas é menos prejudicial em relação a ocorrência nas fases de pré-floração, floração e pós-floração. Este resultado que está em acordo com os encontrados por MAURER et alii (1969), onde foi constatado que plantas de feijão, quando submetidas a intenso déficit hídrico na fase vegetativa, recuperaram-se com umidade adequada a partir do início da floração, sem no entanto, alcançar a produção daquelas plantas irrigadas adequadamente durante todo o ciclo.

Em estudos desenvolvidos por COUTO (1979), o déficit hídrico reduziu o índice de área foliar e o rendimento total de matéria seca, sendo o peso médio de sementes e o número de vagens por planta os fatores mais afetados dentre os componentes de produção, afetando menos o número de grãos por vagem. Foi observado também por MIRANDA & BELMAR (1977) decréscimo no peso médio das sementes e no número de vagens por planta.

GARRIDO et alii (1979) encontraram que um déficit hídrico no final da floração do feijoeiro, reduziu a sua produção em 42% e quando esse déficit ocorreu na fase de formação e crescimento das vagens a redução chegou aos 58%.

Os cultivares de feijão podem apresentar diferentes graus de sensibilidade ao déficit hídrico. SILVEIRA et alii (1981), em experimento realizado em Goiânia, comparando oito cultivares do grupo preto e seis do grupo mulatinho, observaram que a produção do grupo mulatinho foi maior e mais estável que a do grupo preto, quando submetidos a diferentes graus de déficit hídrico durante a floração.

Deve-se concluir, portanto que a cultura do feijoeiro é muito sensível ao déficit hídrico em determinadas fases de seu desenvolvimento. Em resumo, segundo os trabalhos realizados, o feijoeiro apresentou maior sensibilidade ao déficit hídrico nas fases de pré-floração, floração e enchimento de vagem.

2.3. Demanda hídrica da cultura do feijoeiro

A quantidade de água evapotranspirada por uma cultura é a mesma que deve ser repostada ao solo, em intervalos regulares, para atender à demanda e evitar que a planta sofra déficit hídrico. Dessa forma, STONE & MOREIRA (1986) citam que o conhecimento da evapotranspiração das culturas é base na determinação das taxas de irrigação, existindo metodologias que permitem determinar a evapotranspiração, como é o caso do balanço de energia, balanço hídrico de campo, uso de lisímetros e, com menor precisão, uso de equações empíricas.

Vários trabalhos têm sido realizados com o objetivo de se

determinar o consumo médio de água pela cultura do feijoeiro. Assim, DEMATÊ et alii (1974) encontraram valores de 2,9 mm/dia para Monte Alegre (SP) e 3,5 mm/dia para Ribeirão Preto (SP). SILVEIRA & STONE (1979), em Goiânia, trabalhando com feijão da seca, encontraram um consumo médio de 3,2 mm/dia da germinação à floração e de 1,7 mm/dia do desenvolvimento das vagens à maturação. GARRIDO & TEIXEIRA (1978) encontraram para o feijão de inverno, um consumo médio de 3,17 mm/dia no Vale do Sapucaí, Sul de Minas Gerais e 4,17 mm/dia para o Norte de Minas. STEINMETZ (1984) cita que o consumo médio de água pelo feijoeiro, em Goiânia, foi de 3,4 mm/dia da germinação ao início da floração, 6,0 mm/dia durante a floração e de 4,7 mm/dia do desenvolvimento de vagens à maturação.

GUIMARÃES et alii (1982), em Goiânia, utilizando microlisímetros, obtiveram um consumo diário de água variável durante o ciclo da cultura do feijoeiro para as populações de 200.000 plantas/ha (A) e 300.000 plantas/ha (B), com deficiência hídrica (D) e com irrigação (I). Dez dias após a emergência 1,96 mm foram gastos em AD, 2,14 mm em BD, 2,24 mm em AI e 2,36 mm em BI. Os maiores gastos foram observados durante o florescimento 5,27 mm em AD, 6,56 em BD, 7,03 em AI e 7,26 em BI. Durante o período inicial da maturação foram encontrados 0,79 mm em AD, 0,90 mm em BD, 1,56 mm em AI e 1,45 mm em BI.

DOOREMBOS & PRUITT (1977), baseado em vários resultados de pesquisa, citam que dependendo das condições ambientais, o

feijoeiro pode apresentar uma demanda hídrica durante o ciclo de 250 a 500 mm. ENCARNAÇÃO (1979) determinou, em Piracicaba (SP), uma evapotranspiração média, para o feijoeiro, de 4,37 mm/dia com um total de 284 mm durante o ciclo e considera esta como uma demanda ideal para as condições locais. SILVEIRA et alii (1981), estudando em Goiânia o consumo de água pela cultura do feijoeiro, observaram uma evapotranspiração média de 3,35 mm/dia e um total de 337,96 mm durante o ciclo. AZEVEDO (1984) em Piracicaba (SP) e FRIZZONE (1986) em Ilha Solteira (SP), estudando o manejo de irrigação na cultura do feijoeiro, encontraram as maiores produções quando foram aplicadas lâminas de, respectivamente, 394,5 mm e 533,2 mm durante todo o ciclo da cultura.

Assim segundo os trabalhos realizados pelos vários autores citados, pode-se considerar, em função das condições locais e dos fatores climáticos, uma lâmina total variando de 250 a 500 mm, durante todo o ciclo do feijoeiro.

2.4. Sistema radicular do feijoeiro

O sistema radicular do feijoeiro, segundo DAKER (1988), constitui-se de uma raiz principal pivotante, da qual originam-se ramificações que exploram uma camada superficial do solo, geralmente próximo aos 60 cm de profundidade.

LIMA et alii (1978) em estudos com feijoeiro sob irrigação, em Mocimbinho (MG), observaram que o sistema radicular da cultura

atingiu uma profundidade de 40 cm e que 75% das raízes concentraram-se na camada dos primeiros 20 cm. No entanto, INFORZATO & MIYASAKA (1963), SILVEIRA et alii (1984) e SILVA (1984) citam que a maior concentração do sistema radicular do feijoeiro encontra-se nos 30 cm iniciais.

STANSELL & SMITTLE (1980), em experimento conduzido em três anos distintos, observaram que a extração de água pelas raízes do feijoeiro ocorreu principalmente na camada de 0 - 30 cm de profundidade, observando ainda que a extração foi pequena na camada de 30 a 45 cm; abaixo de 45 cm de profundidade, independentemente do tratamento de estresse hídrico, não houve significância na absorção.

REICHERDT et alii (1974), estudando semanalmente a distribuição do sistema radicular do feijoeiro, encontraram que 90% das raízes estavam concentradas na camada de 0 a 30 cm de profundidade.

Tratando-se de planejamento de irrigação, deve-se calculá-la em função da camada do solo onde o sistema radicular é mais denso (DAKER, 1980). Assim sendo, e de acordo com os trabalhos mencionados, os cálculos de irrigação para a cultura do feijoeiro devem levar em consideração a camada de 0 a 30 cm de profundidade.

2.5. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada no feijoeiro

Vários estudos têm sido realizados com a cultura do feijoeiro, visando determinar o nível mais adequado de fertilização nitrogenada, bem como, a combinação mais adequada de nitrogênio versus lâmina d'água no rendimento de grãos do feijoeiro. Dessa forma, CAROLUS & SCHLEUSENER (1970), trabalhando com cinco níveis de água e dois de nitrogênio na cultura do feijoeiro, constataram que houve uma queda na produção de grãos com o aumento da irrigação nas parcelas que receberam menores doses de nitrogênio e um aumento da produção de grãos com o aumento da irrigação nas parcelas com altas doses de nitrogênio. SMITTLE (1976), estudando o comportamento da cultura do feijoeiro em relação à irrigação e adubação nitrogenada, observou que alta frequência de irrigação ou alta fertilização nitrogenada, tende a reduzir a produção abaixo dos níveis médios, quando uma das variáveis foi de baixo nível. O autor destaca a importância de se manter um alto nível de nitrogênio e um ótimo nível de umidade para obter uma boa produção de grãos. DOSS et alii (1977), estudando por três anos o comportamento da cultura do feijoeiro sob diferentes regimes de irrigação e doses de adubação nitrogenada, concluíram que a irrigação suplementar teve efeito na produção de grãos em anos de precipitação abaixo do normal, e que a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada foi maior no "cultivo das águas" que no "cultivo das secas".

SILVA (1978), trabalhando com o feijão-de-corda (*Vigna sinensis* L. savi) no Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina (PE), testando cinco lâminas de irrigação e quatro níveis de nitrogênio, concluiu que a aplicação de água aumentou linearmente a produção de grãos nos níveis de 80 a 120 kg de nitrogênio/ha. MACK et alii (1966), estudando níveis de água no solo combinados com níveis de nitrogênio na cultura do feijoeiro, observaram que os maiores rendimentos foram obtidos nos tratamentos em que o potencial matricial do solo, a 30 cm de profundidade, foi de -0,1 MPa. Observaram ainda que houve efeito da aplicação de nitrogênio sobre a produção do feijoeiro e que a dose que proporcionou maior rendimento foi de 110 kg de nitrogênio/ha.

O fracionamento do nitrogênio tem sido objeto de estudo de inúmeros pesquisadores, visto ser um dos nutrientes essenciais que mais recebe atenção, dado sua importância no crescimento dos vegetais, a baixa retenção pelos colóides do solo e a facilidade de como é lixiviado, tornando necessária a reposição do nutriente em solução para torná-lo disponível à cultura (MALAVOLTA, 1980). Dessa forma, MEIRELLES et alii (1980) e ARAYA et alii (1981), estudando o parcelamento de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro, encontraram, respectivamente, resposta positiva com aplicação de 1/3 da dose total no plantio e o restante entre 30 e 45 dias após a germinação e com aplicação de 1/2 dose no plantio e 1/2 entre 15 e 29 dias após a semeadura. AZEVEDO (1984), em Piracicaba (SP), estudando os efeitos de diferentes lâminas

d'água e doses de nitrogênio na cultura do feijoeiro, encontrou um efeito altamente significativo para as lâminas totais de água e doses de nitrogênio na produção de grãos, sem, no entanto, encontrar significância para a sua interação.

FRIZZONE (1986), no Campo Experimental de Ilha Solteira (SP), estudando o efeito da combinação de seis lâminas d'água e cinco doses de nitrogênio sobre o rendimento econômico e componentes de produção do feijoeiro, relata que a aplicação de água e nitrogênio aumentou o rendimento de grãos segundo uma relação quadrática. A análise conjunta dos fatores água e nitrogênio mostrou que o máximo rendimento de grãos estimado (2261,8 kg/ha), foi obtido com a aplicação de 570,4 mm d'água e 117,4 kg de nitrogênio/ha.

Segundo GALLO & MIYASAKA (1961), em estudos sobre a absorção de nutrientes pelo feijoeiro, o elemento mais absorvido pelas plantas foi o nitrogênio, com maior intensidade durante o período de 33 a 44 dias após a germinação. Observaram ainda que a maior demanda de nitrogênio pelo feijoeiro ocorreu no período de crescimento da semente.

Assim, de acordo com os melhores resultados encontrados pelas pesquisas já relatadas e em função dos fatores climáticos, pode-se considerar como ideal a aplicação de uma lâmina total média de 350 mm e uma dosagem de 90 kg de nitrogênio/ha na cultura do feijoeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área

O ensaio foi conduzido em um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, textura argilosa, fase cerrado de relevo suave ondulado, em área já cultivada por vários anos, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS/EMBRAPA, município de Sete Lagoas, MG, tendo como coordenadas geográficas 19°28'00" de latitude sul e 44°15'08" W. Grw., a uma altitude média de 732 m.

O clima da região, segundo classificação de Koeppen, é do tipo Aw, ou seja, clima de savana de inverno seco. Segundo dados climatológicos coletados na estação principal do CNPMS, no decorrer de 1931 a 1980, AVELAR (1982) mostra que a temperatura média anual é de 22,1°C, com amplitude de variação anual, diferença entre a temperatura média do mês mais quente e a média do mês mais frio, em torno de 5°C. Mesmo registrando uma precipitação média anual elevada (1340 mm), os períodos chuvoso e

seco são bem definidos, com ocorrência de maiores precipitações em dezembro (305 mm) e as menores em agosto (6,3 mm). A evaporação apresenta valores mais elevados nos meses de agosto a setembro (124,5 e 131,5 mm) e menores em dezembro, fevereiro e abril (média de 69,9 mm), indicando-se uma oscilação dos fatores que mais influenciam na evaporação como, radiação, tensão de vapor d'água, vento e nebulosidade. A umidade relativa atinge valores maiores nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (77%) e menores nos meses de agosto e setembro (62%). A insolação média máxima ocorre em agosto (287 h), enquanto que a mínima ocorre em dezembro (169 h).

Na área do CNPMS, destinada a pesquisa, a vegetação original consistia-se de cerrado, o qual foi desbravado para experimentação de diversas culturas, tendo nos últimos anos, predominado o milho e sorgo.

3.2. Características físicas e químicas do solo

A partir de amostras coletadas até à profundidade de 60 cm, determinou-se as características físicas e químicas do solo da área experimental com quatro repetições, segundo metodologia descrita em EMBRAPA (1979) (Tabelas 1 e 2).

Foram determinadas ainda, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm os teores de água em equilíbrio com os potenciais de 0,006, 0,01, 0,03, 0,05, 0,07, 0,1 e 0,2 MPa (amostras não

TABELA 1 - Características físicas do Latossolo Vermelho-Escuro Álico, textura argilosa, fase cerrado, Sete Lagoas, MG, 1990.

Profundidade (cm)	Densidade	Densidade de	Porosidade	Composição granulométrica (%)				Classe textural
	global	partículas	total	Areia	Areia	Silte	Argila	
	(g/cm ³)	(g/cm ³)	(cm ³ /cm ³)	grossa	fina			
0 - 20	0,94	2,47	0,597	5,80	5,30	25,75	63,15	M.argiloso
20 - 40	1,02	2,47	0,546	5,30	4,00	10,50	80,20	M.argiloso
40 - 60	1,00	2,49	0,542	5,50	4,00	8,75	81,75	M.argiloso

TABELA 2 - Características químicas do Latossolo Vermelho-Escuro Álico, textura argilosa, fase cerrado, Sete Lagoas, MG, 1990.

Profund. (cm)	pH em água	Al	Ca	Mg	K	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Mat. or- gânica (%)
		Eq.mg/100 g	Eq.mg/100 g	g	---	(ppm)	%	%	%	%	
0 - 20	5,90	0,10	6,46	1,50	0,16	22,00	25,80	28,60	9,35	0,25	4,20
20 - 40	5,20	1,30	0,68	0,27	0,04	8,00	24,12	30,30	9,43	0,21	3,40
40 - 60	4,60	1,50	0,42	0,16	0,03	3,40	24,20	31,00	9,58	0,19	3,10

deformadas) e 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1,0 e 1,5 MPa (amostras deformadas). Os resultados estão apresentados na Figura 1.

3.3. Sistema de aplicação de água

O sistema adotado foi o de irrigação por aspersão lateral portátil, o qual compôs-se de duas linhas de 89 mm de diâmetro, engates rápidos, e dezoito aspersores ASBRASIL modelo ZE-30S, com diâmetro de bocal de 6 mm, pressão de serviço de 0,3 MPa, espaçados de 12 x 12 m e com setoriação de 180°, de modo a permitir a delimitação das parcelas e sub-parcelas e uma melhor eficiência da lâmina a ser aplicada (Figura 2).

Após a instalação do sistema, em condições de velocidade de vento inferior a 3 m/s, procedeu-se à avaliação da distribuição da lâmina d'água ao longo das linhas de irrigação, por medição direta e através de 16 coletores no espaçamento de 3 x 3 m nas sub-parcelas (Figura 3).

Os aspersores, operando em condições normais, com pressão de serviço de 0,3 MPa e espaçados de 12 x 12 m, forneceram por medição direta uma vazão média de 2,19 m³/h; por meio dos coletores obteve-se uma intensidade de precipitação média de 22,6 mm/h (Figura 3), corresponde a uma eficiência de irrigação de 74%.

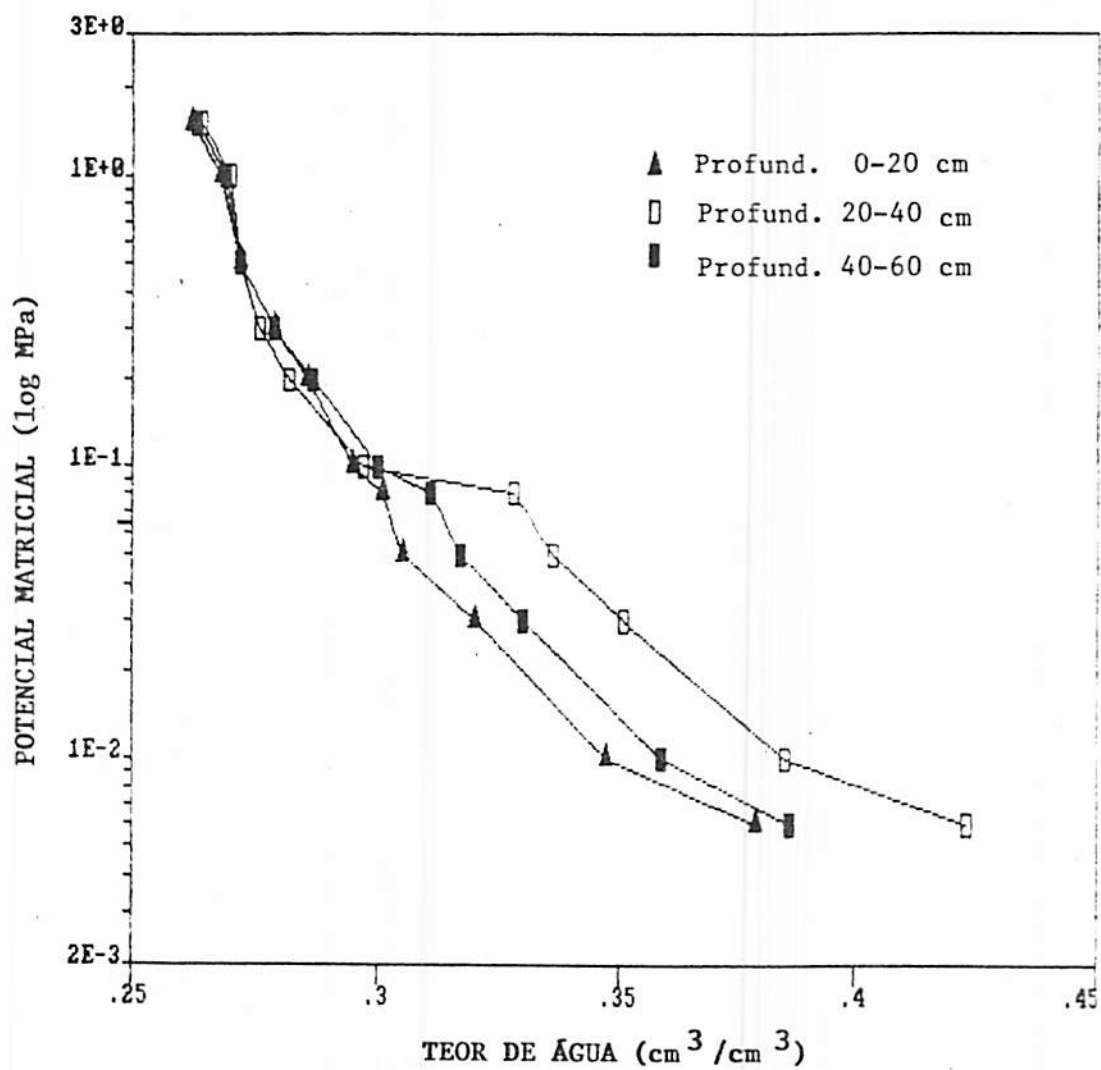


FIGURA 1 - Curvas características de retenção de umidade nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Sete Lagoas, MG, 1990.

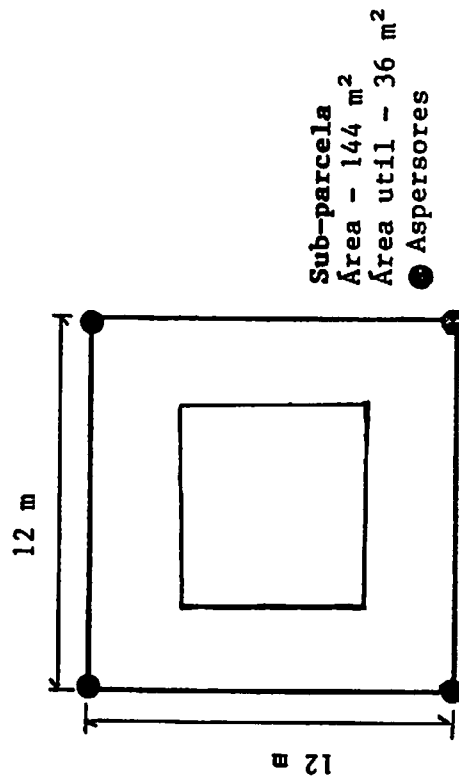
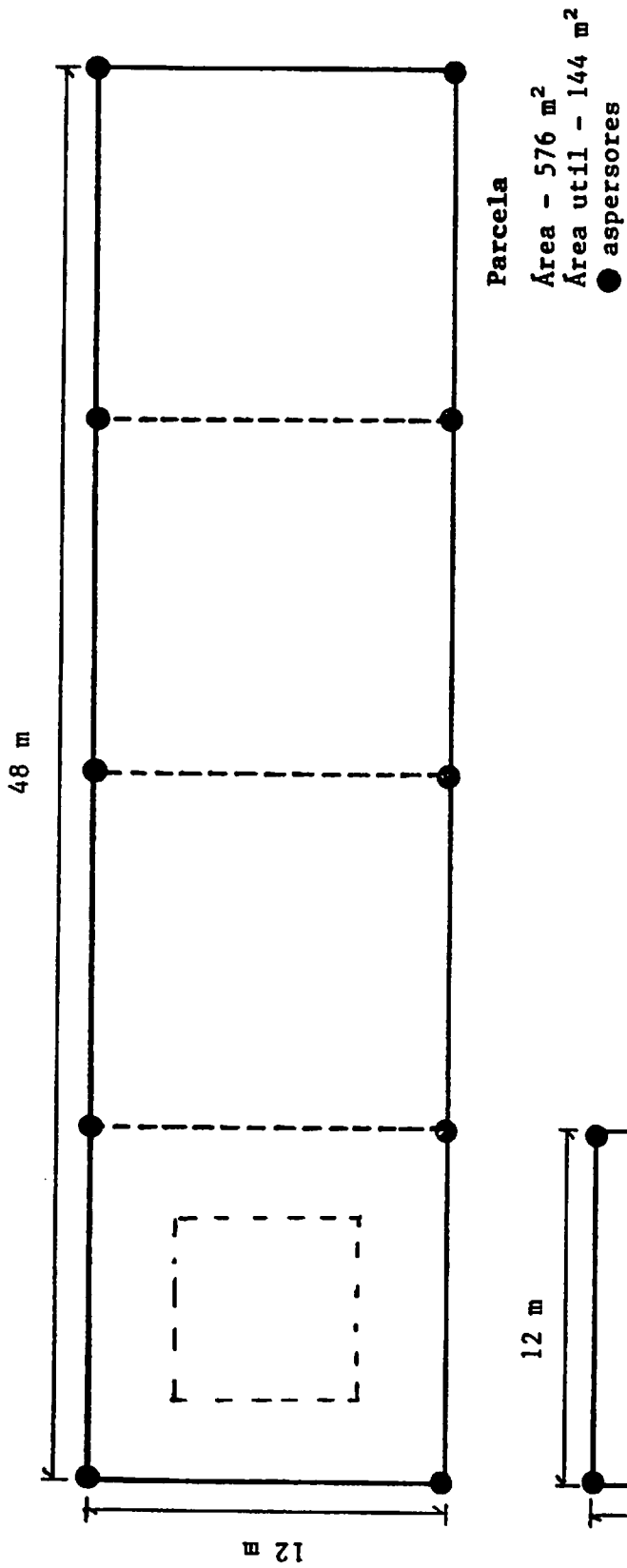


FIGURA 2, Diagrama esquemático da Parcela e sub-parcela. Sete Lagoas, MG, 1990

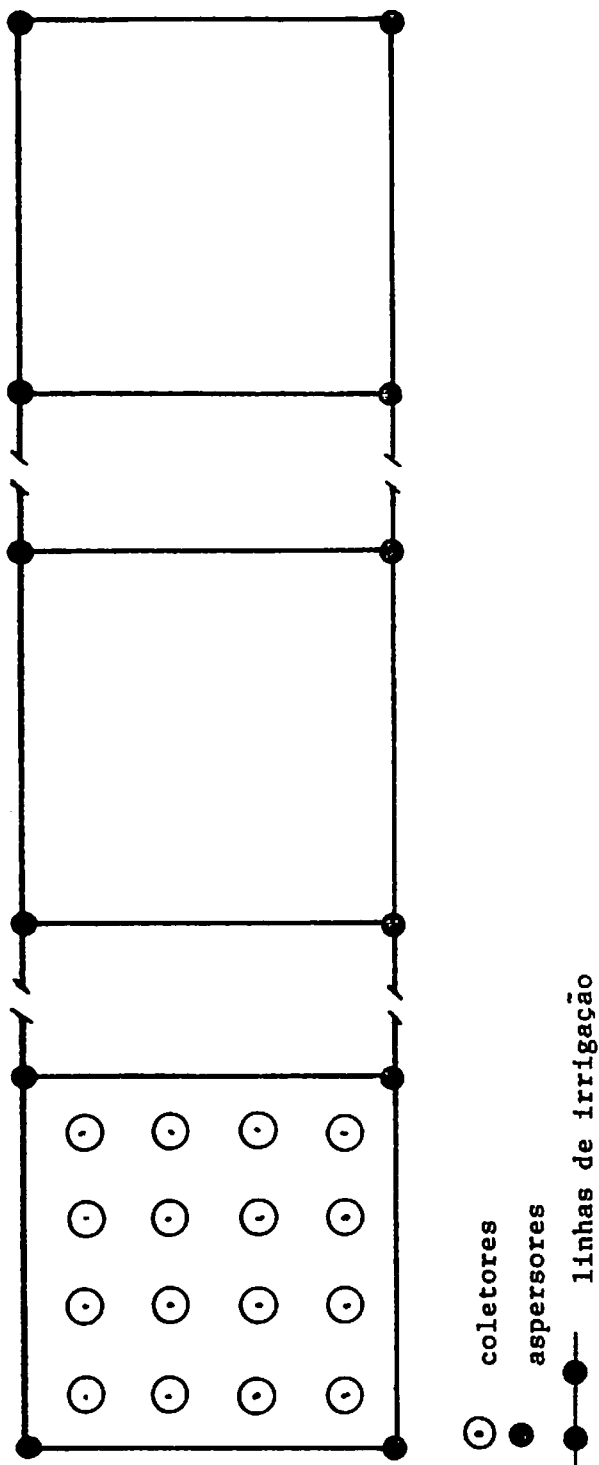


FIGURA 3. Diagrama esquemático da avaliação de distribuição de lâmina d'água ao longo das linhas de irrigação. Sete Lagoas, MG, 1990.

3.4. Manejo da irrigação

O planejamento das irrigações fundamentou-se nas indicações bibliográficas, de se irrigar, quando a umidade do solo corresponder a um potencial de 0,1 MPa.

Com base neste princípio e nas características do solo apresentadas (Figura 1), observa-se uma disponibilidade de água utilizável de 10%, com base no volume (capacidade de campo = 37% e umidade a 0,1 MPa = 27%). Considerando que o sistema radicular do feijoeiro concentra-se nos 30 cm superficiais do solo (INFORZATO et alii, 1963; REICHARDT et alii, 1974; SILVAM 1984; SILVEIRA et alii, 1984 e STANSEL & SMITTLE, 1980), isto corresponde a uma lâmina de 30 mm.

O momento de irrigar foi determinado através da Evaporação Acumulada do Tanque "Classe A" (ECA), estabelecendo-se um valor de 30 mm. Sobre este valor aplicaram-se os coeficiente 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2 para se determinar as lâminas de água correspondentes a cada irrigação (18, 24, 30 e 36 mm). Estas lâminas foram avaliadas através de pluviômetros instalados à altura da planta regularmente espaçados conforme a Figura 3.

3.5. Aplicação de nitrogênio em cobertura

A adubação de cobertura foi feita via água de irrigação, utilizando-se como fonte de nitrogênio o fertilizante uréia,

empregando-se o aplicador portátil de produtos químicos desenvolvido por EMBRAPA (1990). Para realizar a fertirrigação, limitou-se a 90º o ângulo de giro dos aspersores, com o objetivo de fertirrigar individualmente cada sub-parcela. O tempo de aplicação, seguiu orientação em EMBRAPA (1990), com duração de dez minutos, o que é suficiente para aplicar todo o produto e proceder lavagem das folhas.

3.6. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-divididas, com quatro repetições (Figura 4). Os tratamentos constaram da combinação de quatro lâminas de irrigação, que constituíram as parcelas de 12 x 48 m, e de quatro formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, constituindo as sub-parcelas de 12 x 12 m, com área útil de 36 m² (Figura 2).

3.7. Instalação do experimento

A área experimental foi preparada por tração mecânica, constando de uma aração e uma gradagem leve e, de acordo com análise do solo fez-se a correção da acidez utilizando-se 3 t de calcário dolomítico/ha.

Utilizou-se sementes fiscalizadas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca, com 90% de germinação e

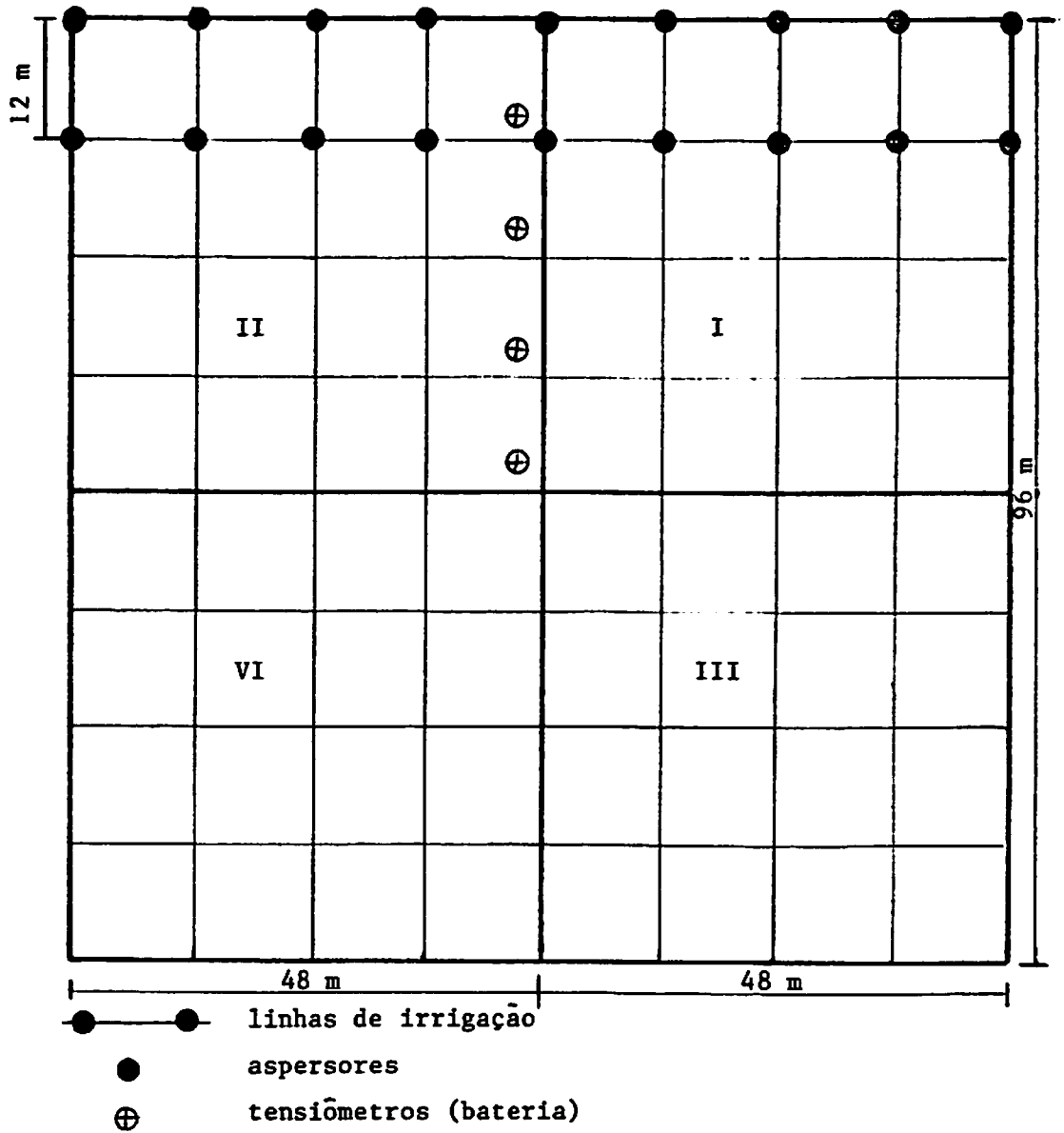


FIGURA 4. Diagrama esquemático dos blocos experimentais. Sete Lagoas, MG, 1990.

99% de pureza. A escolha desta cultivar baseou-se na sua boa aceitação comercial e no fato de ter-se destacado como a mais produtiva entre outras (ALMEIDA, 1971; BARROS, 1980 e DA SILVA, 1988).

Sendo uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado tipo III, a Carioca apresenta vigoroso crescimento vegetativo, com um sistema radicular explorando maior volume de solo, apresentando, provavelmente maior eficiência na absorção de nitrogênio e utilização para formação de vagens e grãos.

O plantio foi realizado em 14.03.90 por tração mecânica, no espaçamento de 0,50 m entre linhas com dezoito sementes por metro, objetivando uma densidade de quinze plantas por metro linear ou 300.000 plantas por hectare. Como adubação de plantio utilizou-se, segundo recomendações de EMBRAPA (1979), 10 kg/ha de nitrogênio (fonte sulfato de amônia), 80 kg/ha de P_2O_5 (fonte superfosfato simples), 60 kg/ha de K_2O (fonte cloreto de potássio) e 2 kg/ha de zinco.

Para cobertura utilizou-se a dose de 90 kg N/ha, em função da dose econômica citada por FRIZZONE (1986) e o parcelamento de nitrogênio seguiu as sugestões de MEIRELLES et alii (1980), com modificações: P1) zero de cobertura; P2) 90 kg N/ha na pré-floração; P3) 45 kg N/ha na pré-floração e 45 kg N/ha na floração plena e P4) 30 kg N/ha na pré-floração, 30 kg/ha na floração plena e 30 kg N/ha no enchimento de grãos.

O controle de ervas daninhas foi feito por tração animal, procurando manter o experimento no limpo.

3.8. Observações fenológicas

Avaliou-se as seguintes características, segundo metodologia utilizada por FRIZZONE (1986), PORTES (1981) e SILVA (1981), abrangendo todas as parcelas de um único bloco experimental:

3.8.1. Emergência

Quando 90% das plântulas apresentaram-se com seus cotilédones acima da superfície do solo.

3.8.2. Floração

Quando 50% das plantas, em uma população estabelecida em 1 m² de cada parcela apresentaram, no mínimo, uma flor aberta por planta. Os outros 50% não apresentavam flores.

3.8.3. Início do enchimento das vagens

Quando 50% das vagens, em uma população de 10 plantas, apresentaram sementes em crescimento, detectadas ao longo da vagem através do tato.

3.8.4. Início da maturação

Quando 90% das vagens, em uma população de 10 plantas, passaram de coloração verde para amarelo-rosado, com enchimento completo da vagem e presença de algumas vagens secas.

3.8.5. Maturação de colheita

Quando o grau de umidade do grão situava-se, aproximadamente, entre 15 e 18%.

3.9. Rendimento de grãos e componentes da produção

Analisou-se as seguintes características agronômicas, segundo metodologia descrita em EMBRAPA (1976), AZEVEDO (1984) e FRIZZONE (1986).

3.9.1. Rendimento de grãos

A colheita foi realizada manualmente em 12.06.90, quando a cultura atingiu 90 dias de ciclo; após a demarcação da área útil de cada sub-parcela (36 m²), procedeu-se à apuração do peso de grãos, com correção da umidade para 13% e expressando-se a produtividade em kg/ha.

O teor de umidade dos grãos foi determinado através de duas

amostras de 30 g de cada sub-parcela, com auxílio de estufa a 105°C por um período de 72 horas. O teor de umidade dos grãos foi obtido pela expressão:

$$U = \frac{PU - PS \times 100}{PU} \dots\dots\dots (1)$$

onde:

U = teor de água da amostra em base úmida (%)

PU = peso úmido da amostra (g)

PS = peso seco da amostra (g)

Procedeu-se à correção do grau de umidade dos grãos em 13%.

3.9.2. Componentes da produção

3.9.2.1. Peso médio de 100 sementes

De cada sub-parcela tomaram-se 4 repetições de 200 sementes e, em seguida, pesou-se cada repetição, corrigindo-se o peso em base de 13% de umidade.

Calculou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos na pesagem.

3.9.2.2. Número de vagens por planta

A partir de 10 plantas ao acaso em cada sub-parcela, procedeu-se à contagem do número total de vagens, dividindo-se pelo número de plantas.

3.9.2.3. Número de sementes por vagem

Das vagens das amostras de 10 plantas, tomaram-se 30 vagens ao acaso, procedendo-se a debulha manual e contagem das sementes. O número de sementes por vagem foi obtido pela relação entre o número de sementes e o número de vagens.

3.10. Eficiência do uso de água

É definida como sendo a relação entre o rendimento de grãos, em kg/ha e a água evapotranspirada em m³/ha, segundo a expressão apresentada por SILVA (1978):

$$\text{Eficiência do uso de água} = \frac{\text{Produção (kg/ha)}}{\text{Água evapotranspirada (m}^3\text{/ha)}} \dots (2)$$

3.11. Estimativa da evapotranspiração do feijoeiro

Objetivando-se determinar a evapotranspiração do feijoeiro (ETa) - que caracteriza-se pela perda de água da cultura, com ou sem restrição hídrica, em qualquer estágio de desenvolvimento, realizou-se o balanço hídrico, no período de 20/03 a 06/06/90, considerando-se um volume de solo até a profundidade de 30 cm, conforme a Equação (3):

$$\text{ETa} = P + I + \Delta A + Qz - DS \dots \dots \dots (3)$$

onde:

ETA - evapotranspiração (mm).

P - precipitação pluviométrica (mm).

I - lâmina de irrigação (mm).

AA - Variação de armazenamento de água nos 30 cm do solo (mm).

Qz - Fluxo de água no contorno inferior do solo (mm).

DS - deflúvio superficial (mm).

A metodologia para determinação de cada componente da Equação (3), constituiu-se do seguinte:

ETA - foi estimada para cada parcela separadamente.

P - foi obtida através de pluviômetro instalado junto a área experimental.

I - foi obtida por coletores instalados no espaçamento de 3 x 3 m dentro das parcelas, conforme mostrado na Figura 3.

AA - foi determinado pela diferença de armazenamento de água no perfil do solo até à profundidade de 30 cm, em épocas consecutivas dentro do período de balanço, conforme Equação (4).

$$\Delta A = 300 (\theta_{t+1} - \theta_t) \dots\dots\dots (4)$$

onde:

θ_{t+1} - umidade média do perfil no tempo t+1, obtida por método gravimétrico nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm.

θ_t - idem, no tempo t.

$$Q_z = \sum q_z \dots\dots\dots (5)$$

onde:

q_z - fluxo diário no contorno inferior (mm), estimado pela equação de DARCY a seguir.

$$q_z = - k(\theta) \times \frac{\Delta \psi}{\Delta z} \dots\dots\dots (6)$$

sendo:

$k(\theta)$ - condutividade hidráulica do solo (mm/dia), em função do teor de água (θ), representada pela Equação (7), obtida por COSTA et alii (1981).

$$k(\theta) = 3862 \exp [1,476 (\theta - 47)]; \quad k \text{ (mm/h)} \dots\dots\dots (7)$$

onde:

47 - representa o teor de água correspondente à saturação do solo.

Δz - gradiente de energia potencial da água no solo, estimado entre as profundidades de 0,2 e 0,4 m.

$\Delta \psi$ - energia potencial da água do solo, considerada como resultante da soma do potencial matricial (ψ_m) e do potencial gravitacional (z).

z - coordenada vertical, correspondente às profundidades de instalação das baterias de tensiômetros (m).

ψ_m - estimado pela Equação (8).

$$\psi_m = - 12,6 h_t + p + hc \dots\dots\dots (8)$$

sendo:

h_c - altura da cuba de mercúrio em relação a superfície do solo (m).

h_t - leitura da coluna de mercúrio (m) do tensiômetro instalado à profundidade p (m).

p - profundidade de instalação das baterias de tensiômetros (0,2 e 0,4 m).

DS - foi avaliado pela comparação entre as intensidades de irrigação e precipitação e a capacidade de infiltração determinada para a área.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Duração dos estádios fenológicos da cultura do feijoeiro

Na Figura 5 tem-se a duração dos estádios fenológicos da cultura do feijoeiro, em função das lâminas totais de água aplicadas e épocas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Constatou-se que a germinação ocorreu cinco dias após a semeadura para todos os tratamentos, certamente pelo fato de haver umidade uniforme em todas as parcelas, em função das precipitações ocorridas no período. Estes resultados diferem daqueles encontrados por FELIPE (1991) em Lavras (MG), que observou germinação com até nove dias após a semeadura. Este fato provavelmente está relacionado a umidade relativa e temperaturas médias inferiores observadas em Lavras.

A floração iniciou-se mais cedo (35 dias após a semeadura), nas lâminas L_1 e L_2 para todos os parcelamentos e em L_3 e L_4 para os parcelamentos P_1 e P_2 , em relação a P_3 e P_4 nas lâminas L_3 e

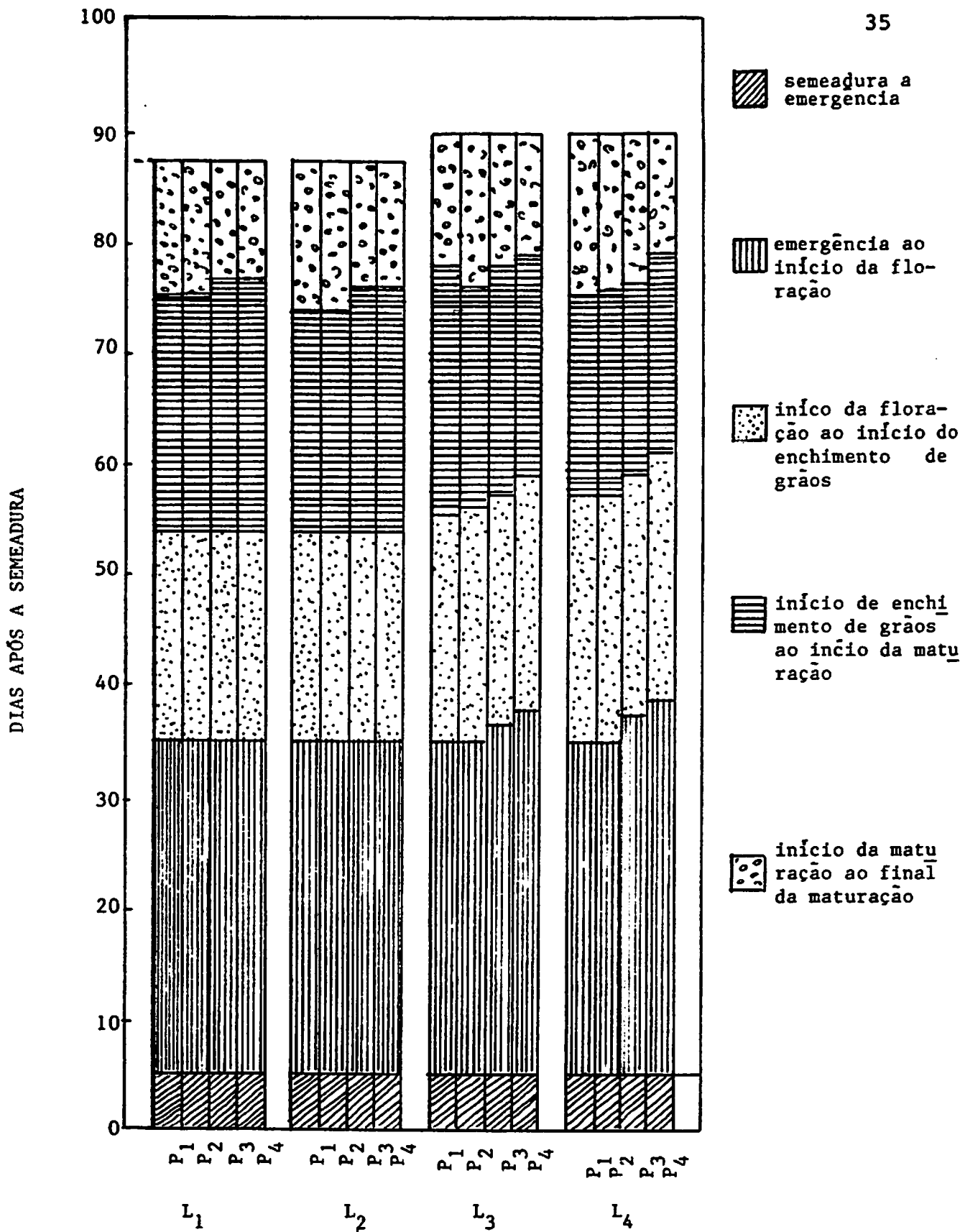


FIGURA 5. Estádios fenológicos da cultura do feijoeiro em função das lâminas (L) e parcelamento (P). Sete Lagoas, MG. 1990.

L₄. Os demais estádios fenológicos, praticamente, apresentaram o mesmo comportamento, com pequenas variações. O mais longo estágio foi observado da emergência ao início da floração nas parcelas L₃ e L₄ para os parcelamentos P₃ e P₄ (32 dias), seguido pelo enchimento de grãos (25 dias).

Observou-se que as menores lâminas totais de água (L₁ e L₂) proporcionaram um ciclo relativamente mais curto (87 dias) e as maiores (L₃ e L₄), um ciclo mais longo (90 dias). O que discorda dos resultados encontrados por FELIPE (1991), mas estão em acordo com VIEIRA (1984), que observou redução do ciclo do feijoeiro em consequência de estresse hídrico durante o estágio compreendido entre o início da formação de grãos e a maturação fisiológica.

4.2. Manejo de irrigação

O controle das irrigações somente iniciou-se no 21º dia após a semeadura, pois até essa data ocorreu um total de 99 mm de chuva, que foi suficiente para suprir as necessidades da cultura.

Na Tabela 3 encontram-se os dados das principais variáveis climáticas e as lâminas de água aplicadas à cultura durante o seu ciclo. Observou-se uma precipitação total de 128 mm, 77% dos quais concentraram-se nos primeiros 21 dias após a semeadura, e uma Evaporação Acumulada no Tanque "Classe A" (ECA) de 415 mm. As lâminas totais de água coletadas em todo o ciclo da cultura, incluindo-se as precipitações, corresponderam a 272, 320, 368 e

416 mm (Figura 6). Estas lâminas, quando relacionadas à ECA forneceram os fatores 0,65, 0,77, 0,88 e 1,0 e resultaram numa pequena divergência em relação aos programados (0,6, 0,8, 1,0 e 1,2), em função de problemas técnicos no conjunto de irrigação, o que ocasionou um intervalo de 15 dias entre duas irrigações (do 42º ao 56º dia após a semeadura), bem como pela aplicação de lâminas constantes no momento de irrigar.

TABELA 3 - Variáveis climáticas médias durante o ciclo da cultura, por intervalo de irrigação, lâminas de água coletadas por parcela e ECA. Sete Lagoas, MG, 1990.

Período	Datas	Temperat. média (°C)	Umid. re- lativa(%)	Preci- pitação (mm)	ECA (mm)	Lâm. coletada (mm)				Intervalo de irrigação (dias)
						L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	
0 - 21	14/03-04/04	24,90	75	99,0	118	18	24	30	36	21
22 - 27	05/04-10/04	25,70	71	4,0	27	18,5	25	31	37	6
28 - 35	11/04-18/04	24,50	70	2,0	38	18	24	30	36	8
36 - 41	19/04-24/04	19,20	66	-	30	16,5	23	31	35	6
42 - 56	25/04-09/05	22,40	71	10,0	62	18	24	30	36	15
57 - 62	10/05-15/05	21,10	76	8,0	28	19,5	27	29	38	6
63 - 69	16/05-22/05	18,60	68	5,0	29	18	24	30	36	7
70 - 76	23/05-29/05	20,20	69	-	33	17,5	23	29	34	7
77 - 90	30/05-12/06	20,20	74	-	50	-	-	-	-	-
Totais	-	-	-	128,00	415,00	144	192	240	288	-
Lâmina total										
(P + IRRIG)										
		-	-	-	-	272	320	368	416	-
Lâmina total/ECA										
		-	-	-	-	0,65	0,77	0,88	1,01	

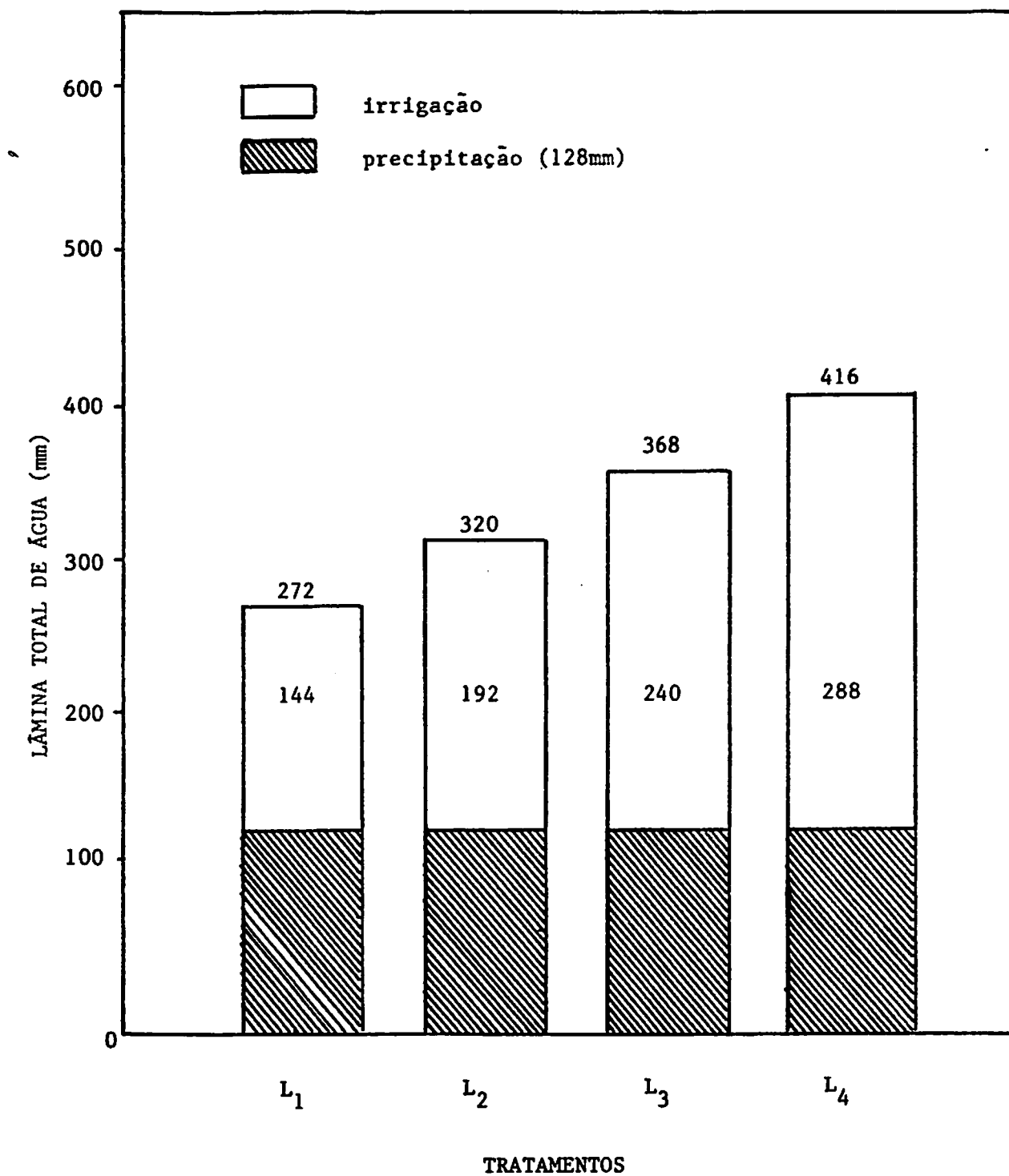


FIGURA 6. Lâminas totais de água coletadas durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990.

4.3. Componentes da produção

Da análise de variância dos dados de produção de grãos, resumidos na Tabela 4, observa-se um efeito significativo (ao nível de 1% de probabilidade) para lâmina d'água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, não apresentando no entanto, efeito para a interação dos fatores. Estes resultados estão em acordo com os encontrados por AZEVEDO (1984), em Piracicaba (SP), quando realizou trabalho com seis lâminas totais de água (431, 417, 392, 364, 342 e 320 mm) e quatro doses de nitrogênio a lanço (0, 20, 60 e 90 kg N/ha). Difere, entretanto, daqueles encontrados por FELIPE (1991), em Lavras (MG), trabalhando com cinco lâminas de água (283, 244, 222, 196 e 169 mm) e dose de 90 kg N/ha a lanço em quatro parcelamentos e por FRIZZONE (1986), em Ilha Solteira (SP), utilizando seis lâminas de água (621, 524, 420, 298, 181 e 105 mm) e seis doses de nitrogênio a lanço (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg N/ha).

TABELA 4 - Resumo da análise de variância do rendimento médio de grãos (kg/ha) do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990.

Causas de variação	G.L.	SQ	QM	F
Bloco	3	388635,39	129545,13	5,57 *
Lâminas (L)	3	2279450,94	759816,98	32,69 **
Resíduo a	9	209214,49	23246,05	-
Parcelamento (P)	3	478237,79	159412,59	38,70 **
L x P	9	65682,64	7298,07	1,77 ns
Resíduo b	36	148296,93	4119,35	
Total	63	3569519,18	-	

CV₁ = 8,4%

CV₂ = 3,54%

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - Não significativo.

Na Tabela 5, tem-se os valores médios do rendimento de grãos do feijoeiro, em função das lâminas totais de água e forma de parcelamento de nitrogênio em cobertura, via água de irrigação. Pela análise das médias da produção de grãos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, concluiu-se que em termos de parcelamento, o menor rendimento médio observado (1727,26 kg/ha) foi obtido no parcelamento P₁ e o maior (1953,36 kg/ha) no parcelamento P₃, correspondendo a um acréscimo de 13% no rendimento de grãos, o que demonstra ser eficiente o parcelamento

de nitrogênio via fertirrigação no aumento da produção. Em termos de lâminas totais de água observou-se menor rendimento médio (1583,87 kg/ha) para a parcela L_1 e o maior (2106,38 kg/ha) para a parcela L_3 , representando um acréscimo de 33% na produção de grãos, o que caracteriza a água como fator relevante no aumento da produção.

TABELA 5 - Rendimento médio de grãos do feijoeiro (kg/ha), em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, Sete Lagoas, MG, 1990.

Lâmina total de água (mm)	Fator	Formas de parcelamento				Médias
		P_1	P_2	P_3	P_4	
L_1 (272)	0,65	1482,82	1553,35	1762,21	1537,09	e 1583,87
L_2 (320)	0,77	1642,51	1796,70	1891,38	1673,12	bc 1750,93
L_3 (368)	0,88	2045,91	2125,57	2247,91	2006,13	a 2106,38
L_4 (416)	1,00	1737,81	1763,84	1908,96	1815,05	b 1806,42
Médias		1727,26 C	1809,86 B	1953,36 A	1757,85	BC 1811,90

OBS: 1ª Em cada série de médias na horizontal, os valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

2ª Em cada série de médias na vertical, os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se ainda na Tabela 5, que a forma de parcelamento P_1 (sem aplicação de N em cobertura) apresentou elevado rendimento

médio em relação as demais. Isto certamente é função do alto teor de matéria orgânica detectado na área (Tabela 2).

Pela análise de regressão (Figura 7) observa-se que a aplicação de água influenciou o rendimento de grãos segundo uma relação funcional quadrática, para todas as formas de parcelamento, sendo que o máximo rendimento estimado (2112 kg/ha) corresponde ao parcelamento P_3 para uma lâmina total estimada de 360,35 mm, demonstrando que, valores acima deste induz excesso de umidade no solo com conseqüente queda na produção. A forma de parcelamento P_3 foi mais eficiente, certamente, em função de que em P_2 ocorreu lixiviação e em P_4 predominou a translocação sobre absorção, pois após 50 dias praticamente todo N é absorvido.

Os rendimentos obtidos podem ser considerados altos, aproximando-se dos resultados encontrados por FRIZZONE (1986) e superando os encontrados por AZEVEDO (1984), FELIPE (1991), GARRIDO et alii (1978) e SILVA (1978), demonstrando a eficiência da fertirrigação sobre o método tradicional a lanço, com a vantagem de economia de mão-de-obra.

4.4. Componentes do rendimento

4.4.1. Peso médio de 100 sementes

Da análise de variância do peso médio de 100 sementes, resumida na Tabela 6, observa-se um efeito significativo, ao

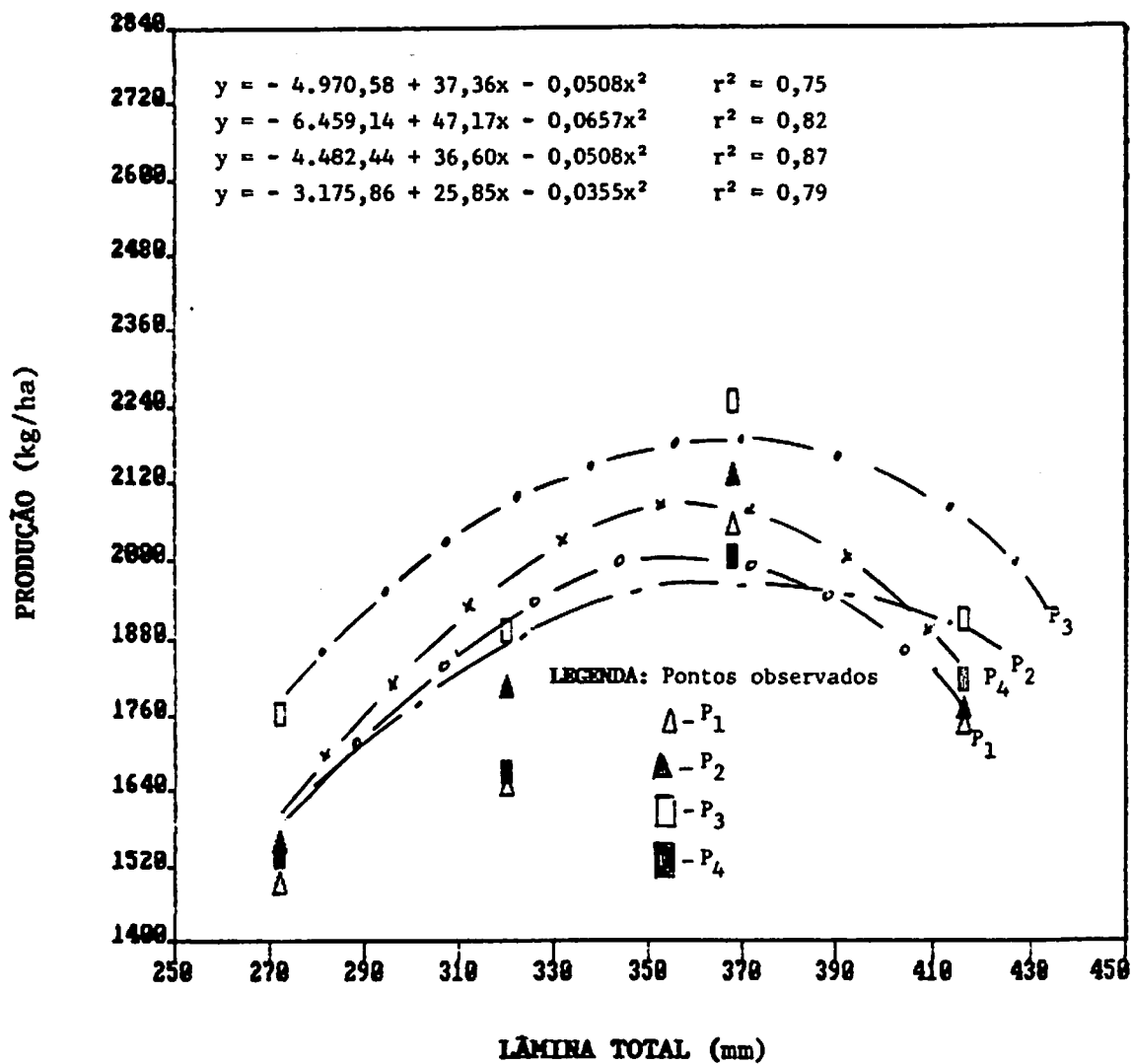


FIGURA 7. Rendimento médio de grãos de feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG. 1990.

nível de 1% de probabilidade, para as lâminas totais e para as formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, não tendo sido detectado efeito significativo para a interação entre estes fatores. Estes resultados confirmam aqueles encontrados por FRIZZONE (1986), e difere daqueles encontrados por AZEVEDO (1984) e FELIPE (1991), que encontraram significância na interação dos fatores.

TABELA 6 - Resumo da análise de variância do peso médio de 100 sementes do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	3	16,42	5,472	5,50
Lâmina (L)	3	59,67	19,889	20,00 **
Resíduo a	9	8,95	0,994	-
Parcelamento (P)	3	28,39	9,462	19,55 **
L x P	9	2,40	0,267	0,55 ns
Resíduo b	36	17,42	0,484	
Total	63	133,25		

CV₁ - 5,08

CV₂ = 3,54%

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - Não significativo.

Na Tabela 7 encontram-se os valores médios do peso de 100 sementes, em gramas, observados em função das lâminas totais de água e das formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura.

Pela análise das médias, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, conclui-se que em termos de parcelamento o menor peso médio de 100 sementes foi observado no parcelamento P_1 (18,81 g) e o maior no parcelamento P_3 (20,67 g), correspondendo a um acréscimo de 9,9% no peso médio, o que demonstra a eficiência do parcelamento de nitrogênio em cobertura via fertirrigação.

Pelas lâminas totais de água aplicadas observou-se um menor peso médio de 100 sementes (18,42 g) em L_1 e o maior (21,12 g) em L_3 , evidenciando um acréscimo de 14,6% no peso médio de 100

TABELA 7 - Peso médio de 100 sementes (g) em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento				Médias
	P_1	P_2	P_3	P_4	
L_1 (272)	17,85	18,34	19,46	18,03	b 18,42
L_2 (320)	18,32	19,47	20,27	19,53	ab 19,40
L_3 (368)	20,01	20,95	22,46	21,04	a 21,12
L_4 (416)	19,06	19,60	20,50	19,38	ab 19,64
Médias	18,81 C	19,59 B	20,67 A	19,49 B	19,64

OBS: 1ª Em cada série de médias na horizontal, os valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

2ª Em cada série de médias na vertical, os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

sementes, o que caracteriza a água como fator relevante na determinação do peso médio das sementes.

Pela análise de regressão, observa-se que a água aumentou o peso médio de 100 sementes, segundo uma relação funcional quadrática, para todas as formas de parcelamento, sendo que o peso máximo (21,7 g) correspondeu ao parcelamento P_3 , para uma lâmina total estimada de 363 mm (Figura 8). Provavelmente, P_3 beneficiou mais o enchimento de grãos que P_4 , em função de predominar a translocação sobre a absorção, uma vez que, até 50 dias todo o N foi absorvido.

4.4.2. Número de vagens por planta

Da análise de variância do número de vagens por planta, resumida na Tabela 8, observou-se um efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade, para lâminas totais de água e para formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura; não houve efeito significativo da interação desses fatores. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por FRIZZONE (1986) e diferem dos encontrados por AZEVEDO (1984) que encontrou apenas significância para doses de adubação nitrogenada e por FELIPE (1991) que detectou significância na interação entre os fatores, quando trabalharam com aplicação de nitrogênio em cobertura a lanço.

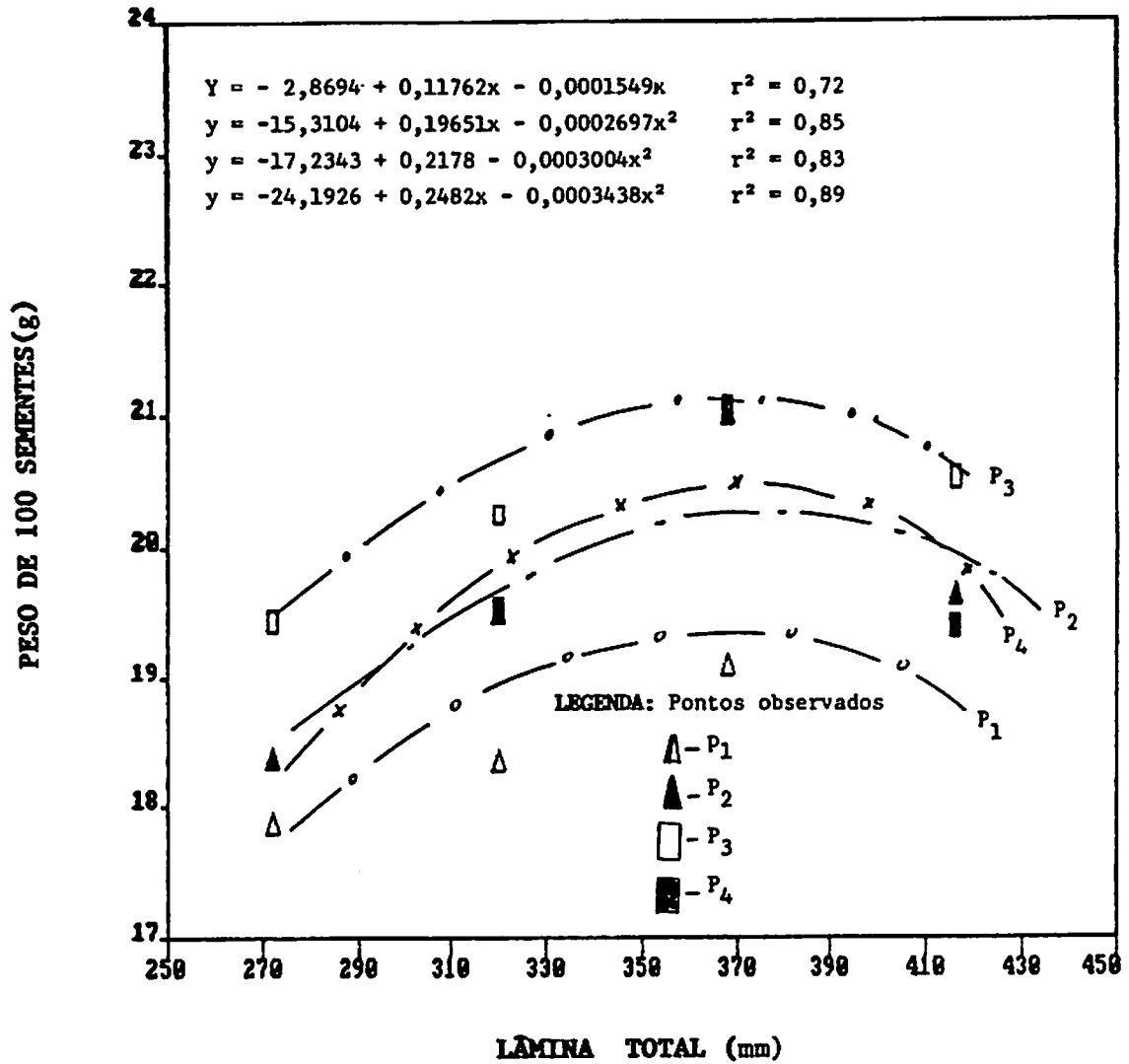


FIGURA 8. Peso médio de 100 sementes no feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas MG. 1990

TABELA 8 - Resumo da análise de variância do número de vagens por planta do feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	3	49,06	16,35	1,32
Lâmina (L)	3	80,13	27,71	2,15 *
Resíduo a	9	111,85	12,42	-
Parcelamento (P)	3	81,95	27,31	19,57 **
L x P	9	5,33	0,592	0,42 ns
Resíduo b	36	50,26	1,39	-
Total	63	378,58		

$$CV_1 = 36,33$$

$$CV_2 = 12,19\%$$

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - Não significativo.

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios do número de vagens por planta, em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Pela análise das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, observou-se que o melhor resultado ocorreu no parcelamento P_3 com uma média de 11,39 vagens por planta e, em termos de lâminas totais de água aplicadas, o melhor resultado observado foi em L_3 (11,31 vagens por planta). Estes valores são semelhantes aos encontrados por AZEVEDO (1984), FRIZZONE (1986) e superam os encontrados por FELIPE (1991).

TABELA 9 - Número médio de vagens por planta no feijoeiro, em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento				Médias
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	
L ₁ (272)	6,93	8,48	9,63	8,00	c 8,26
L ₂ (320)	7,40	9,15	11,18	9,13	ab 9,22
L ₃ (368)	9,73	11,07	13,02	11,43	a 11,31
L ₄ (416)	8,85	10,30	11,73	9,02	ab 9,99
Médias	8,23 C	9,77 B	11,39 A	9,39 B	9,69

OBS: 1ª Em cada série de médias na horizontal, os valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

2ª Em cada série de médias na vertical, os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Pela análise de regressão (Figura 9), observou-se que a aplicação de água influenciou o número médio de vagens por planta segundo uma relação funcional quadrática para todas as formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, com excessão de P₁ e P₂ que foram lineares, o máximo número de vagens por planta (12,5) correspondeu ao parcelamento P₃, para uma lâmina total estimada de 371,44 mm.

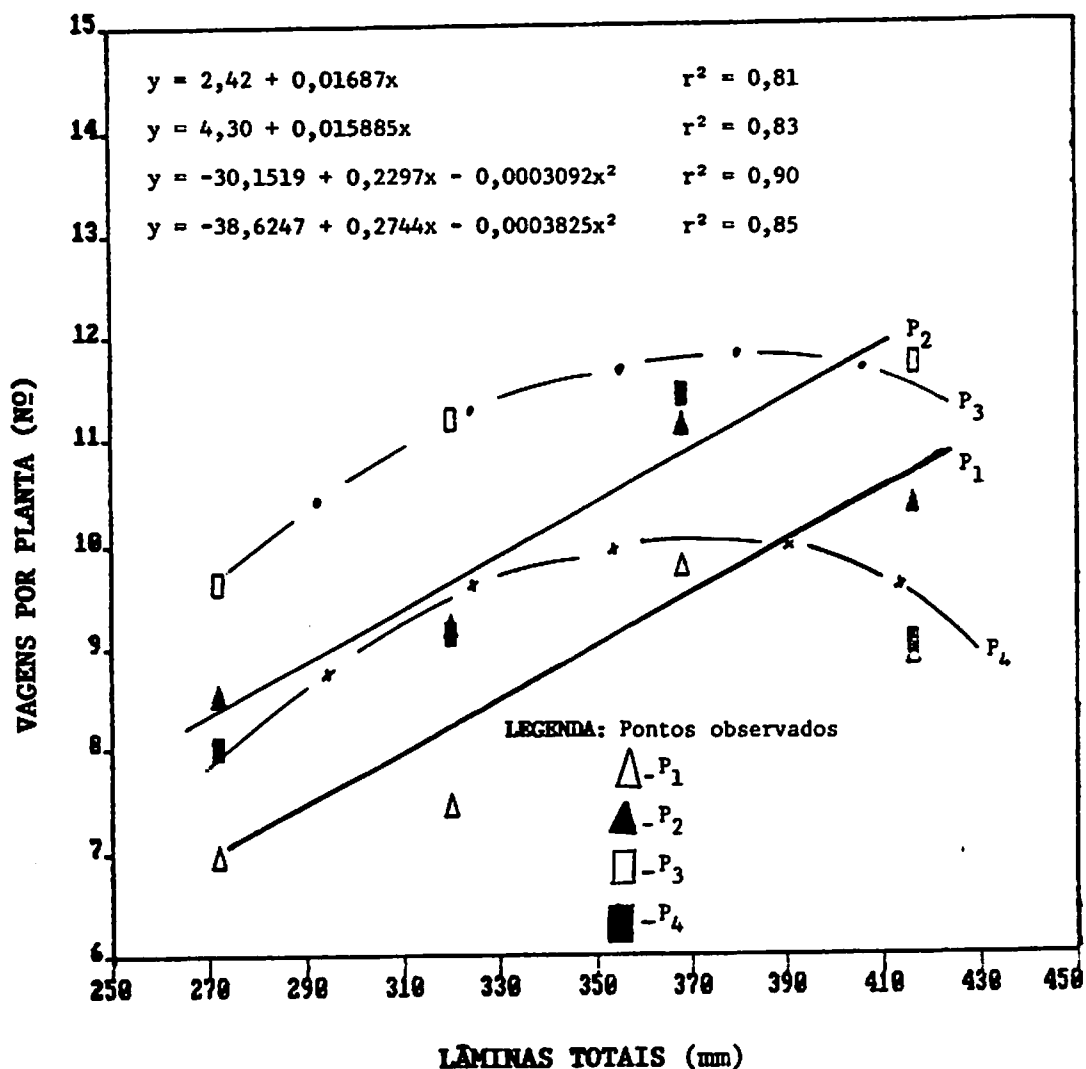


FIGURA 9. Número de vagens por planta no feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG. 1990

4.4.3. Número de sementes por vagem

Da análise de variância do número de sementes por vagem, resumida na Tabela 10, observou-se significância, ao nível de 1% de probabilidade, para lâminas totais de água aplicadas e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, não sendo detectado significância para a interação dos fatores. Estes resultados confirmam aqueles encontrados por FRIZZONE (1986) e difere daqueles encontrados por AZEVEDO (1984), FELIPE (1991) e SILVA (1978) os quais não encontraram significância para o parcelamento de nitrogênio em cobertura, em relação a esta característica.

TABELA 10 - Resumo da análise de variância do número médio de sementes por vagem no feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	3	1,83	0,610	2,29
Lâmina (L)	3	4,22	1,408	5,28 **
Resíduo a	9	2,40	0,267	-
Parcelamento (P)	3	3,09	1,031	9,21 **
L x P	9	0,54	0,060	0,53 ns
Resíduo b	36	4,03	0,112	-
Total	63			

CV₁ = 9,76%

CV₂ = 6,32%

**² - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - Não significativo.

Na Tabela 11 encontram-se os valores médios de sementes por vagem em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura no feijoeiro. Pela análise das médias, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, observou-se um melhor resultado dentro do parcelamento P₃, para todas as lâminas, com média de 5,65 sementes por vagem. Por outro lado, observou-se não haver diferenças significativas para as lâminas totais.

TABELA 11 - Número médio de sementes por vagem no feijoeiro, em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, Sete Lagoas, MG, 1990.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento				Médias
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	
L ₁ (272)	4,45	4,65	5,28	5,01	ab 4,85
L ₂ (320)	5,21	5,33	5,64	5,38	a 5,39
L ₃ (368)	5,32	5,40	5,89	5,28	a 5,47
L ₄ (416)	5,27	5,33	5,79	5,43	a 5,45
Médias	5,06 B	5,18 B	5,65 A	5,28 B	5,29

OBS: 1ª Em cada série de médias na horizontal, os valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

2ª Em cada série de médias na vertical, os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

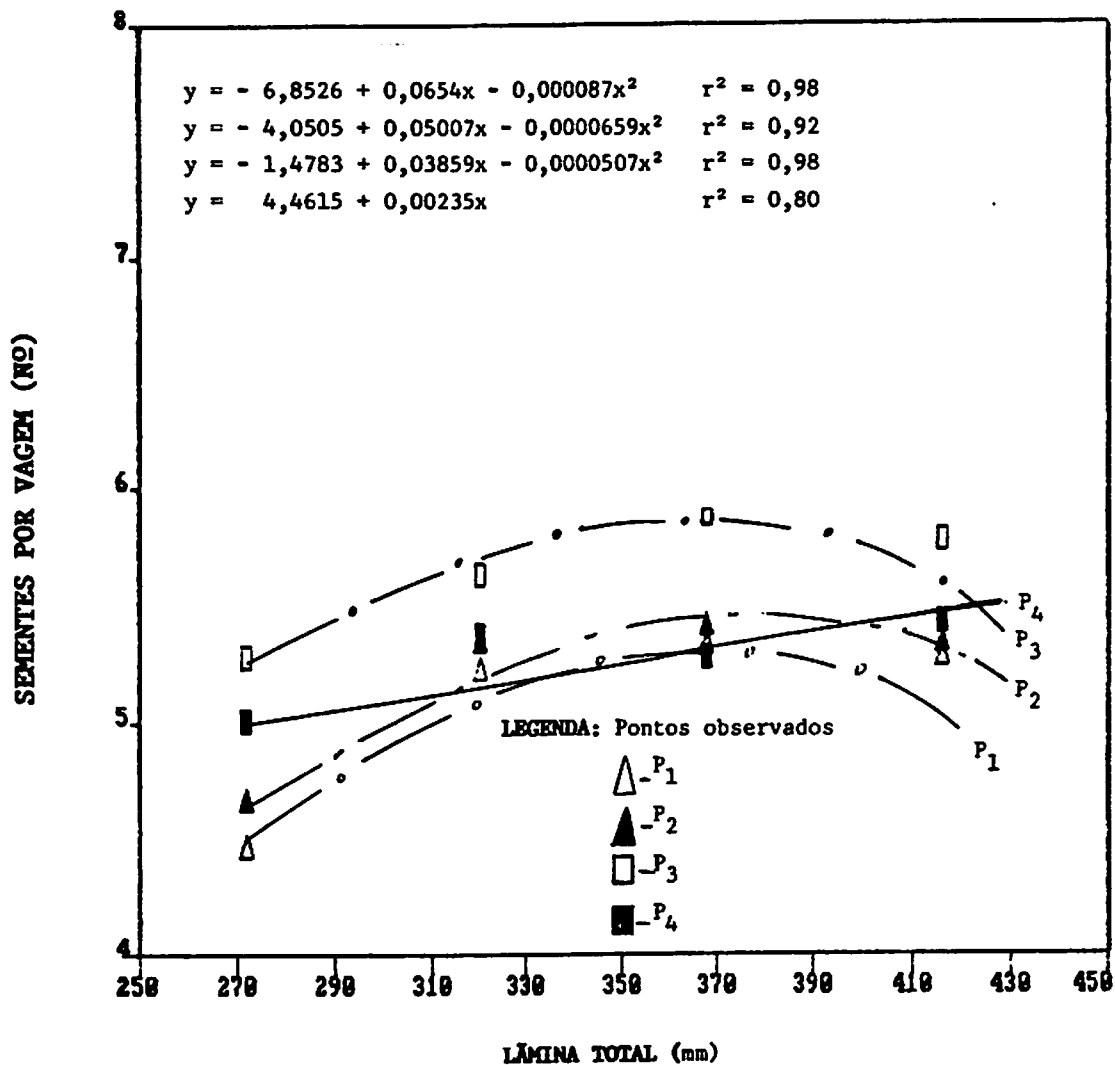


FIGURA 10. Número médio de sementes por vagem no feijoeiro em função das lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG. 1990

Pela análise de regressão (Figura 10), observou-se que a aplicação de água, afetou o número de sementes por vagem segundo uma relação funcional quadrática, para todas as formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, com exceção do parcelamento P_4 , onde foi linear; sendo que o máximo estimado (5,86), corresponde ao parcelamento P_3 , para uma lâmina estimada de 380,57 mm.

Deve-se ressaltar, que o rendimento de grãos e os componentes de produção, tenderam a um mesmo comportamento, com resultados máximos dentro do parcelamento P_3 para lâminas totais estimadas próximas a L_3 (368 mm). Provavelmente isto ocorreu em função do feijoeiro absorver até os 50 dias todo o N e predominar, a partir daí, a translocação sobre absorção. A técnica de fertirrigação demonstrou ser viável em relação aos métodos tradicionais, a lanço, com a vantagem de economia de mão-de-obra.

4.5. Eficiência do uso de água

Na análise de variância dos dados da eficiência de uso de água, resumidas na Tabela 12, observou-se efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade, para lâminas totais de água e formas de parcelamento de nitrogênio, como também significância, ao nível de 5% de probabilidade, da interação entre os fatores. O desdobramento da interação revelou também efeito significativo

das lâminas totais de água, dentro de todas as formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura.

TABELA 12 - Resumo da análise de variância para a eficiência no uso de água pelo feijoeiro. Sete Lagoas, MG, 1990.

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	3	0,0330	0,0110	5,1067 *
Lâmina (L)	3	0,2360	0,0790	36,8255 **
Erro (a)	9	0,0190	0,0020	-
Parcelamento (P)	3	0,0420	0,0140	42,0978 **
L x P	9	0,0080	0,0010	2,7031 *
Erro (b)	36	0,0120	0,0004	-
Total	63	0,3490	-	-
L x P ₁	3	0,0500	0,0162	40,65 **
L x P ₂	3	0,0700	0,0226	56,61 **
L x P ₃	3	0,0800	0,0186	46,63 **
L x P ₄	3	0,0400	0,0031	7,81 **

CV para parcelas = 12,8%

CV para sub-parcelas = 10,6%

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 13 encontram-se os valores médios da eficiência do uso de água pelo feijoeiro, expressos em kg de grãos por m³ de água evapotranspirada, (Equação 6), em função das lâminas totais

de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Pela análise das médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, concluiu-se que os tratamentos L_1P_3 , L_3P_3 e L_2P_3 apresentaram as máximas eficiências no uso de água, com valores médios de 0,715, 0,715 e 0,720 kg/m^3 respectivamente.

TABELA 13 - Valores médios da eficiência do uso de água (kg grãos/ m^3 água), em função da água evapotranspirada e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990.

Lâminas totais de água (mm)	Épocas de parcelamento				Médias
	P_1	P_2	P_3	P_4	
L_1 2463,00	C 0,602 b	B 0,630 b	A 0,715 a	B 0,624 a	0,634 ab
L_2 2628,30	B 0,625 a	A 0,684 a	A 0,720 a	B 0,636 a	0,666 a
L_3 3140,40	B 0,651 a	A 0,677 a	A 0,715 a	B 0,638 a	0,670 a
L_4 3474,80	B 0,500 c	B 0,507 c	A 0,549 b	B 0,522 b	0,520 c
Médias	B 0,595	AB 0,625	A 0,675	B 0,605	0,625

OBS: 1) As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal, não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

2) As médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 11 apresentam-se, graficamente, as equações de regressão ajustadas para os dados da eficiência do uso de água em função das lâminas totais de água, dentro de cada uma das formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Observa-se a existência de uma relação funcional quadrática entre lâminas totais aplicadas e eficiência do uso da água, para todos os níveis de parcelamento, permitindo indicar como lâminas ótimas estimadas (330,87; 352,04; 325,47 e 318,64 mm) para as eficiências no uso da água máxima estimada (0,660, 0,734, 0,799 e 0,641 kg/m³ de água evapotranspirada) respectivamente nos parcelamentos P₁, P₂, P₃ e P₄.

Observa-se então que a água foi usada mais eficientemente pelo feijoeiro no parcelamento P₃, onde foram observados os maiores valores da eficiência de uso de água. Estes valores evidenciaram uma melhor eficiência quando comparados com os valores de 296,3 mm e 0,548 kg/m³ encontrados por FELIPE (1991) e com os valores 349,7 mm e 0,537 kg/m³ encontrados por FRIZZONE (1986), demonstrando ser mais eficiente o método de fertirrigação em relação ao tradicional a lanço.

Os menores valores da eficiência no uso da água foram obtidos com a maior lâmina total aplicada, o que contradiz FELIPE (1991), e está de acordo com os resultados de FRIZZONE (1986). Esta variação pode ser explicada em função dos níveis de produtividade alcançados e pelas lâminas utilizadas. Ressaltando que em L₄ houve um certo excesso na aplicação de água.

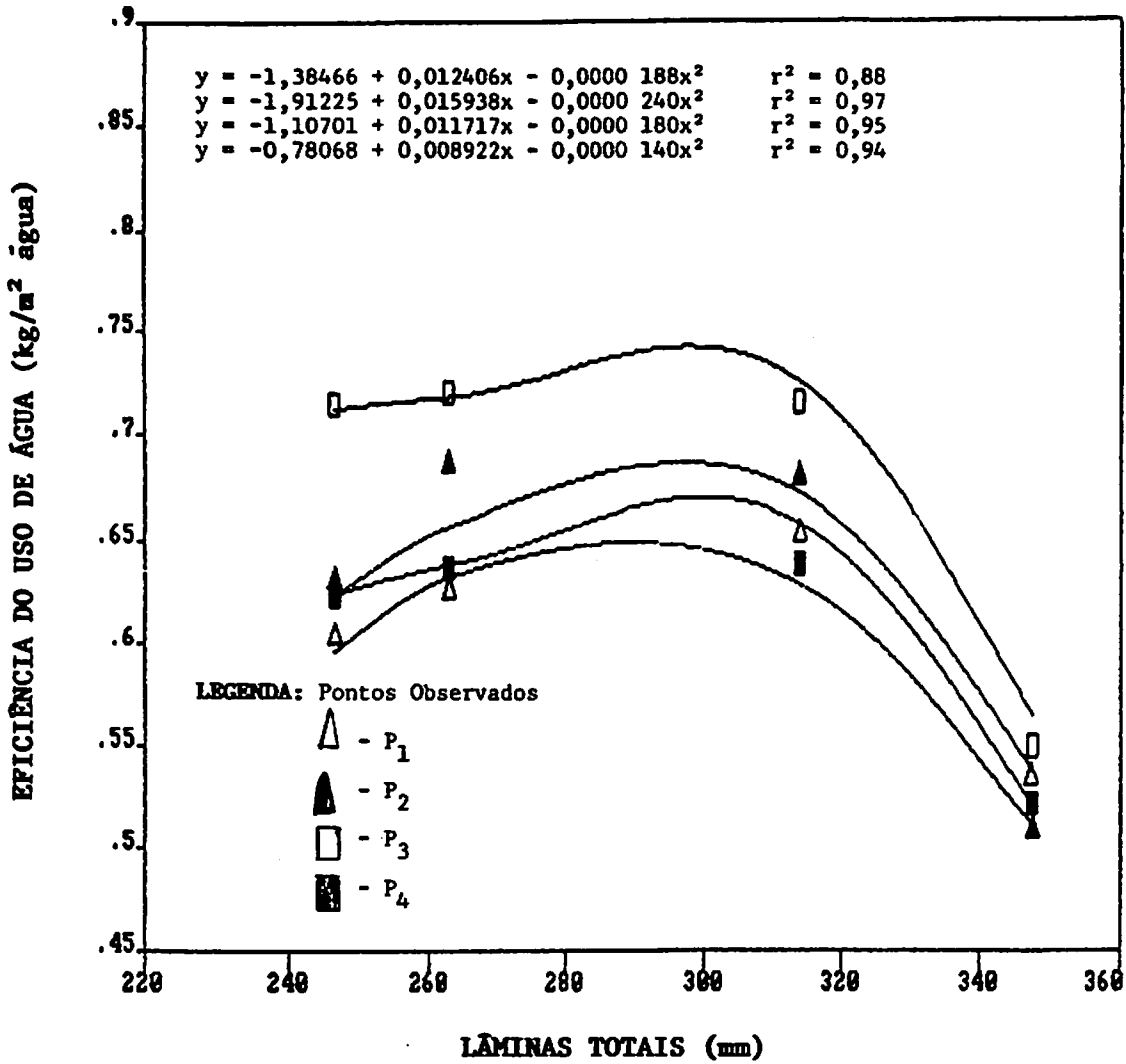


FIGURA 11. Eficiência do uso de água, pelo feijoeiro, em função das lâminas evapotranspiradas dentro das formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura. Sete Lagoas, MG, 1990.

4.6. Evapotranspiração do feijoeiro

Com a finalidade de se estimar a evapotranspiração da cultura do feijoeiro (ETa) através da Equação (3), realizou-se o balanço hídrico, nas quatro parcelas do 6º ao 84º dias após a semeadura. Nas Tabelas 14 a 17 encontram-se os resultados dos componentes do balanço para cada parcela, nos nove períodos considerados, correspondendo a um total de 78 dias.

TABELA 14 - Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, na profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L₁. Sete Lagoas, MG, 1990.

Período	Dias após a semeadura	Estádio de desenvolv.	ΔA	P	I	DS	Qz	ETa	ETa AC.
			----- mm -----						
20/03 a 26/03	06 a 12	I	4,9	30	-	0,0	0,06	25,04	25,04
26/03 a 03/04	13 a 20	I	-15,80	4	-	0,0	-0,12	19,92	44,96
03/04 a 11/04	21 a 28	II	10,50	4	18	0,0	-0,15	11,65	56,61
11/04 a 20/04	29 a 37	II	-29,70	2	36	0,0	-0,04	67,74	124,35
20/04 a 25/04	38 a 42	III	5,70	-	18	0,0	-0,02	12,32	136,67
25/04 a 08/05	43 a 55	III	-17,00	10	-	0,0	-0,28	27,28	164,95
08/05 a 16/05	56 a 63	III	14,80	8	36	0,0	0,10	29,10	194,05
16/05 a 28/05	64 a 75	III	-17,50	5	18	0,0	0,03	40,47	234,52
28/05 a 06/06	76 a 84	IV	6,20	-	18	0,0	0,02	11,78	246,30

TABELA 15 - Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, na profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L₂, Sete Lagoas, MG, 1990.

Período	Dias após a semeadura	Estádio de desenvolv.	ΔA	P	I	DS	Qz	ETa	ETa AC.
			----- mm -----						
20/03 a 26/03	06 a 12	I	2,50	30	-	0,0	0,010	27,49	27,49
26/03 a 03/04	13 a 20	I	-20,90	4	-	0,0	0,029	24,87	52,36
03/04 a 11/04	21 a 28	II	15,10	4	24	0,0	0,012	17,89	65,25
11/04 a 20/04	29 a 37	II	- 6,70	2	48	0,0	-0,023	56,72	121,97
20/04 a 25/04	38 a 42	III	5,20	-	24	0,0	0,008	18,79	140,76
25/04 a 08/05	43 a 55	III	- 8,10	10	-	0,0	0,080	18,02	158,78
08/05 a 16/05	56 a 63	III	3,50	8	48	0,0	0,020	52,48	211,26
16/05 a 28/05	64 a 75	III	-10,20	5	24	0,0	0,020	39,18	250,44
28/05 a 06/06	76 a 84	IV	11,60	-	24	0,0	0,015	12,39	262,83

TABELA 16 - Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, na profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L₃. Sete Lagoas, MG, 1990.

Período	Dias após a semeadura	Estádio de desenvolv.	ΔA	P	I	DS	Qz	ETa	ETa AC.
20/03 a 26/03	06 a 12	I	0,70	30	-	0,0	0,003	29,30	29,30
26,03 a 03/04	13 a 20	I	-21,60	4	-	0,0	-0,020	25,62	54,92
03/04 a 11/04	21 a 28	II	20,70	4	30	0,0	-0,014	13,31	38,23
11/04 a 20/04	29 a 37	II	-14,40	2	60	0,0	-0,010	76,41	144,64
20/04 a 25/04	38 a 42	III	13,30	-	30	0,0	-0,016	16,72	161,36
25/04 a 08/05	43 a 55	III	-11,60	10	-	0,0	0,014	21,74	183,10
08/05 a 16/05	56 a 63	III	13,20	8	60	0,0	0,029	54,77	237,87
16/05 a 28/05	64 a 75	III	-11,80	5	30	0,0	0,096	46,70	284,57
28/05 a 06/06	76 a 84	IV	0,50	-	30	0,0	0,035	29,47	314,04

TABELA 17 - Resultados do balanço hídrico da cultura do feijoeiro, na profundidade de 0 - 30 cm, na parcela L₄. Sete Lagoas, MG, 1990.

Período	Dias após a semeadura	Estádio de desenvolv.	ΔA	P	I	DS	Qz	ETa	ETa AC.
			----- mm -----						
20/03 a 26/03	06 a 12	I	- 2,20	30	-	0,0	0,003	32,20	32,20
26/03 a 03/04	13 a 20	I	-16,30	4	-	0,0	-0,022	23,32	52,52
03/04 a 11/04	21 a 28	II	28,20	4	36	0,0	-0,16	11,96	64,48
11/04 a 20/04	29 a 37	II	- 9,70	2	72	0,0	0,0060	83,70	148,18
20/04 a 25/04	38 a 42	III	5,70	-	36	0,0	0,003	30,30	178,48
25/04 a 08/05	43 a 55	III	-31,40	10	-	0,0	0,042	41,30	219,84
08/05 a 16/05	56 a 63	III	30,20	8	72	0,0	0,012	49,79	269,63
16/05 a 28/05	64 a 75	III	- 5,70	5	36	0,0	0,028	46,67	316,30
28/05 a 06/06	76 a 84	IV	4,8	-	36	0,0	0,022	31,18	347,48

Ressalta-se que a componente (Qz) foi calculada em função da Equação (7) obtida por COSTA et alii (1981), que fornece valores pequenos para a condutividade hidráulica (k) em função dos valores da umidade () que predominam neste contorno. Também pelo fato de que na camada inferior, a umidade () esteve sempre maior que na superior, conforme mostra-se em cada parcela separadamente através das Figuras 12 a 15. Isto ocorreu provavelmente em função de um gradiente forçando o fluxo ascendente, o que é comprovado

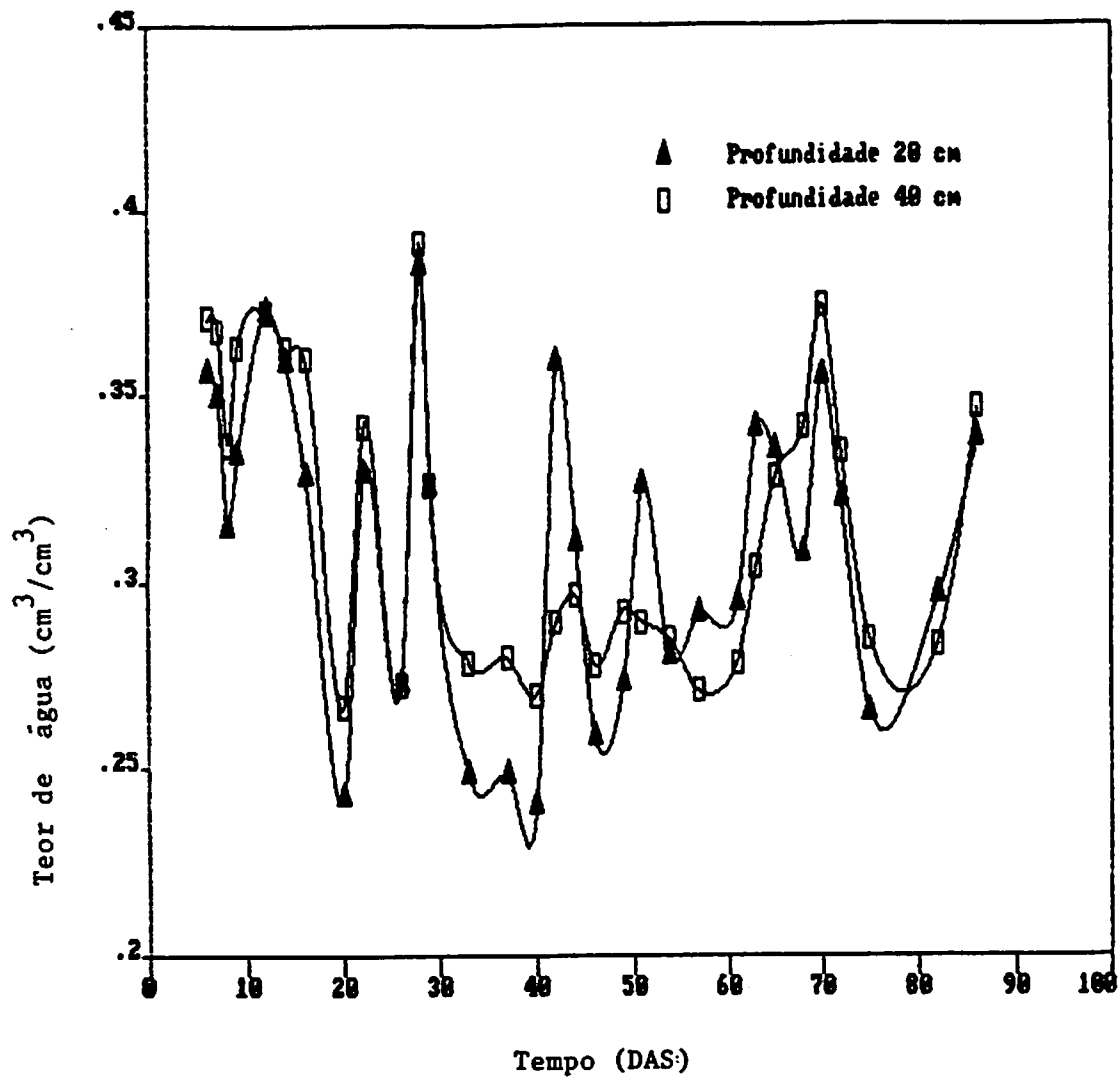


FIGURA 12. Valores do teor de água em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 e 40 cm, para a parcela L₁. Sete Lagoas, MG. 1990.

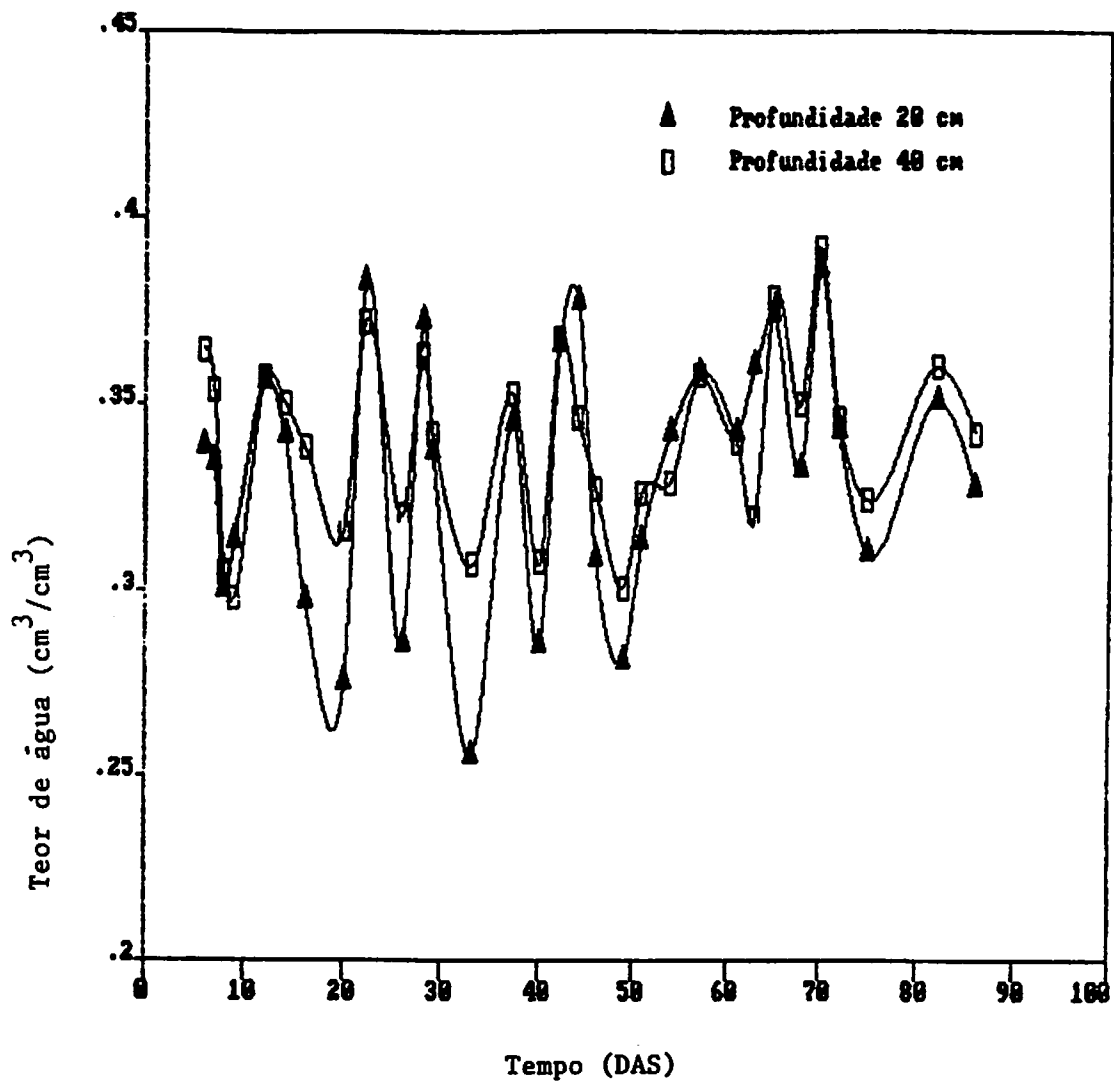


FIGURA 13 - Valores do teor de água em função do tempo, (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 a 40cm, para a parcela L₂. Sete Lagoas, MG., 1990.

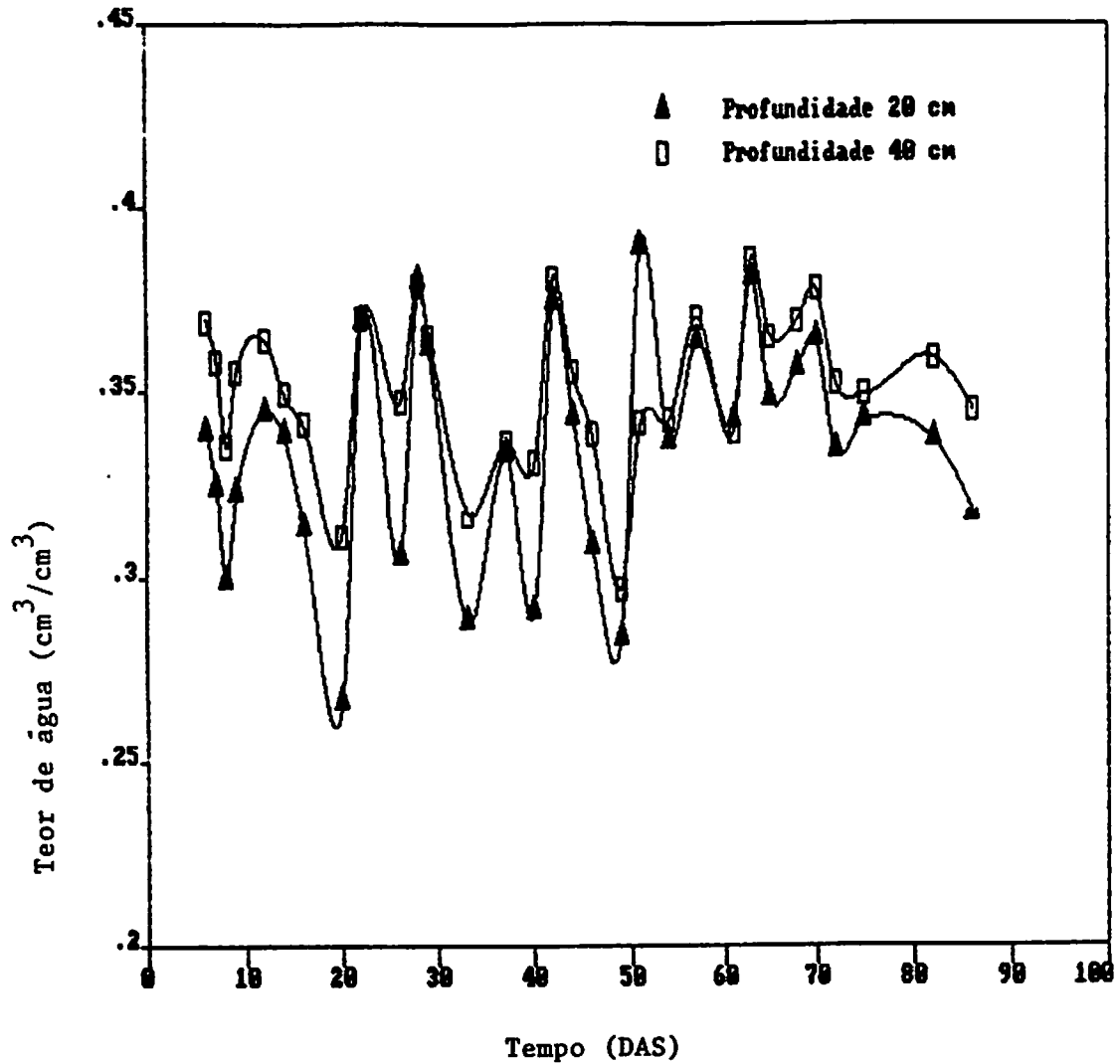


FIGURA 14 - Valores do teor de água em função do tempo, (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 a 40cm, para a parcela L₃. Sete Lagoas, MG., 1990.

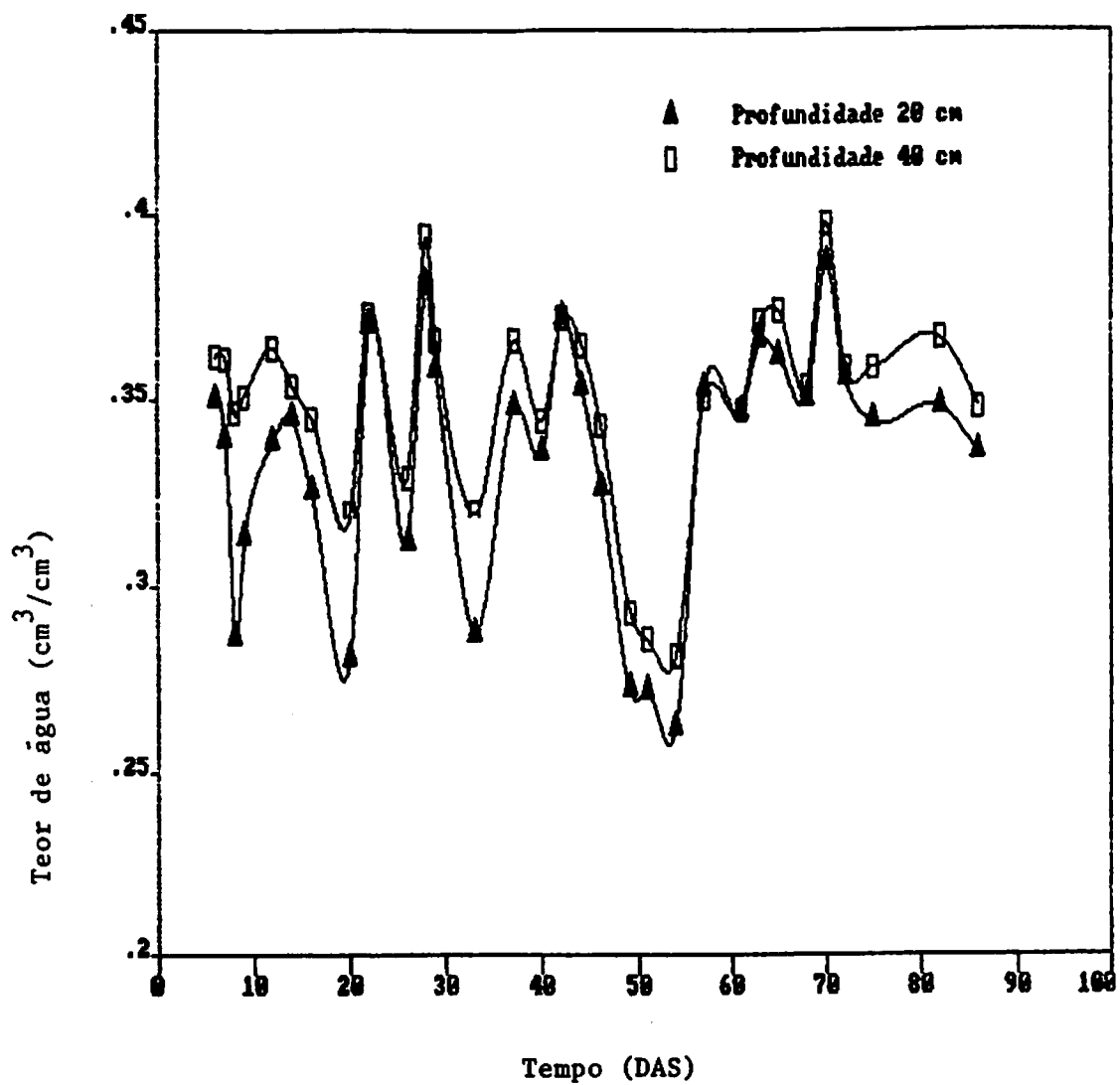


FIGURA 15 - Valores do teor de água em função do tempo, (Dias Após a Semeadura - DAS), nas profundidades de 20 e 40cm, para a parcela L₄. Sete Lagoas, MG., 1990.

pela análise das Figuras 16 a 19. Por outro lado, a componente (DS) foi desconsiderada em função da análise dos pluviogramas, que permitiram obter as lâminas de 18, 24, 30 e 36 mm nos tempos de duração de 48, 64, 80 e 96 minutos, resultando em uma intensidade média de precipitação de 22,6 mm/h. Considerando que a capacidade de infiltração básica do solo, segundo COSTA et alii (1981), situa-se acima dos 100 mm/h, deduz-se que toda lâmina precipitada infiltrou-se, fato que foi comprovado pela falta de escoamento superficial e erosão laminar.

No período considerado, a ETa acumulada por parcela correspondeu a 246,30, 262,83, 314,04 e 347,48 mm, o que representa, em média, valores de 3,21, 3,28, 4,25 e 4,53 mm/dia para as parcelas L₁, L₂, L₃ e L₄ respectivamente. Estes valores superam aqueles encontrados por FELIPE (1991) em Lavras (MG), AZEVEDO (1984) e REICHARDT et alii (1974) em Piracicaba (SP), GARRIDO & TEIXEIRA (1978) no Sul de Minas Gerais e SILVEIRA et alii (1981), em Goiânia (GO) respectivamente 2,59; 3,17; 3,44; 3,34 e 3,35 mm/dia para a ETa. Isto certamente, está em função das condições climáticas que prevaleceram durante a realização do trabalho.

Na Tabela 18 observa-se que o maior consumo de água pela cultura do feijoeiro evidenciou-se do início da floração ao início do enchimento de grãos, enquanto o menor consumo ocorreu na fase compreendida entre o início da maturação e a maturação de colheita.

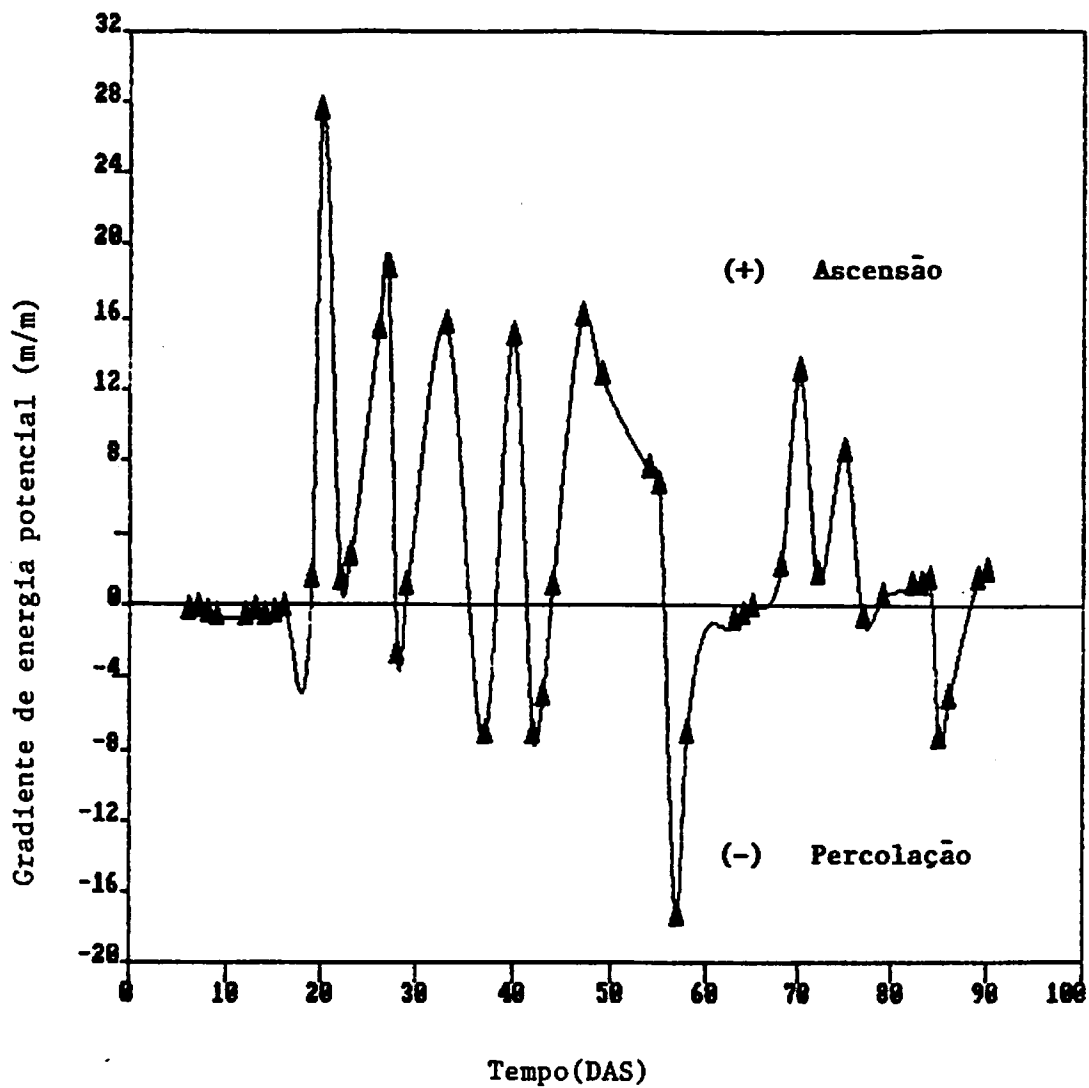


FIGURA 16 - Valores do gradiente de energia potencial da água do solo em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40cm, para a parcela L₁. Sete Lagoas, MG., 1990.

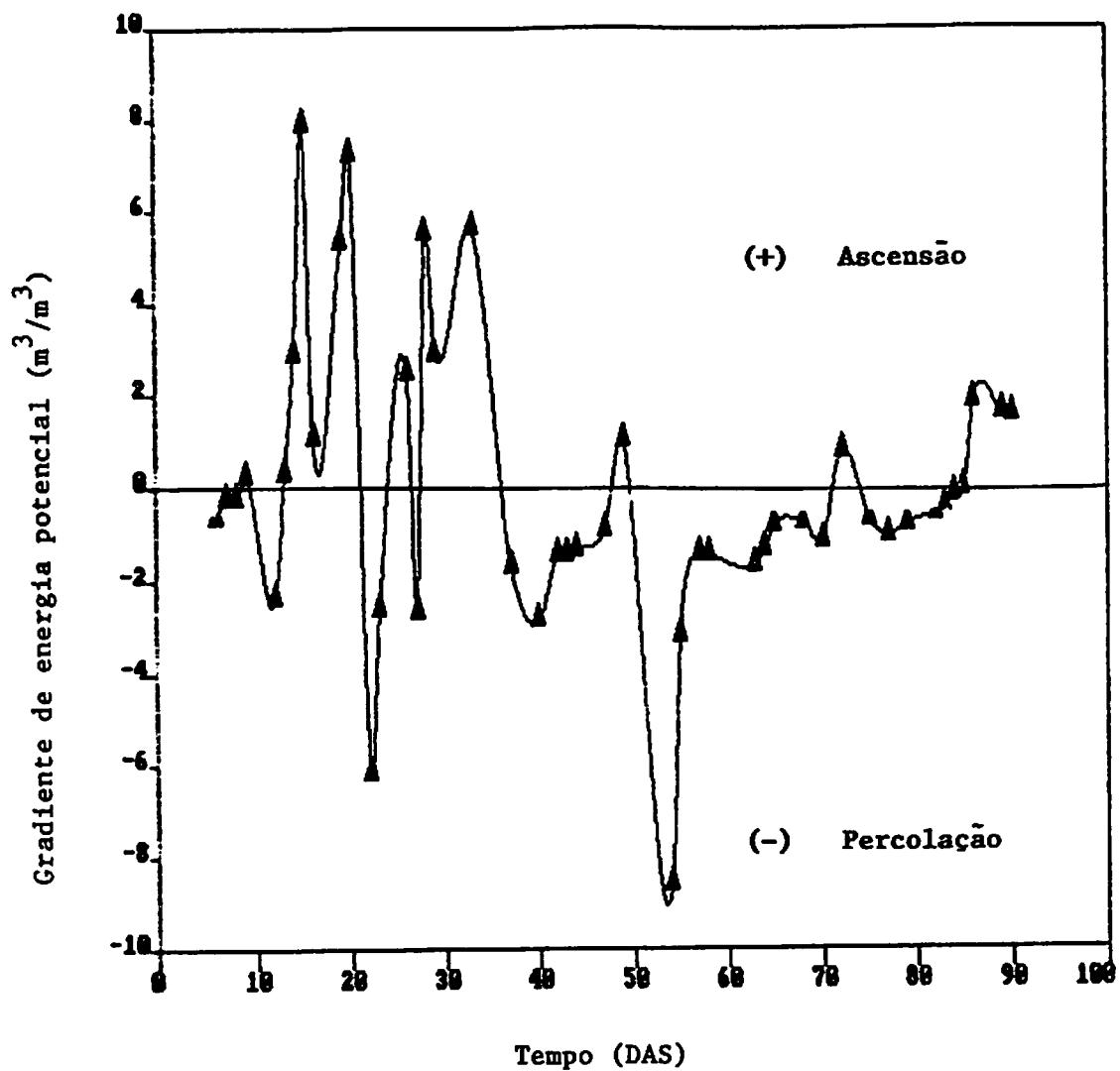


FIGURA 17 - Valores do gradiente de energia potencial da água do solo em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40cm, para a parcela L₂. Sete Lagoas, MG., 1990.

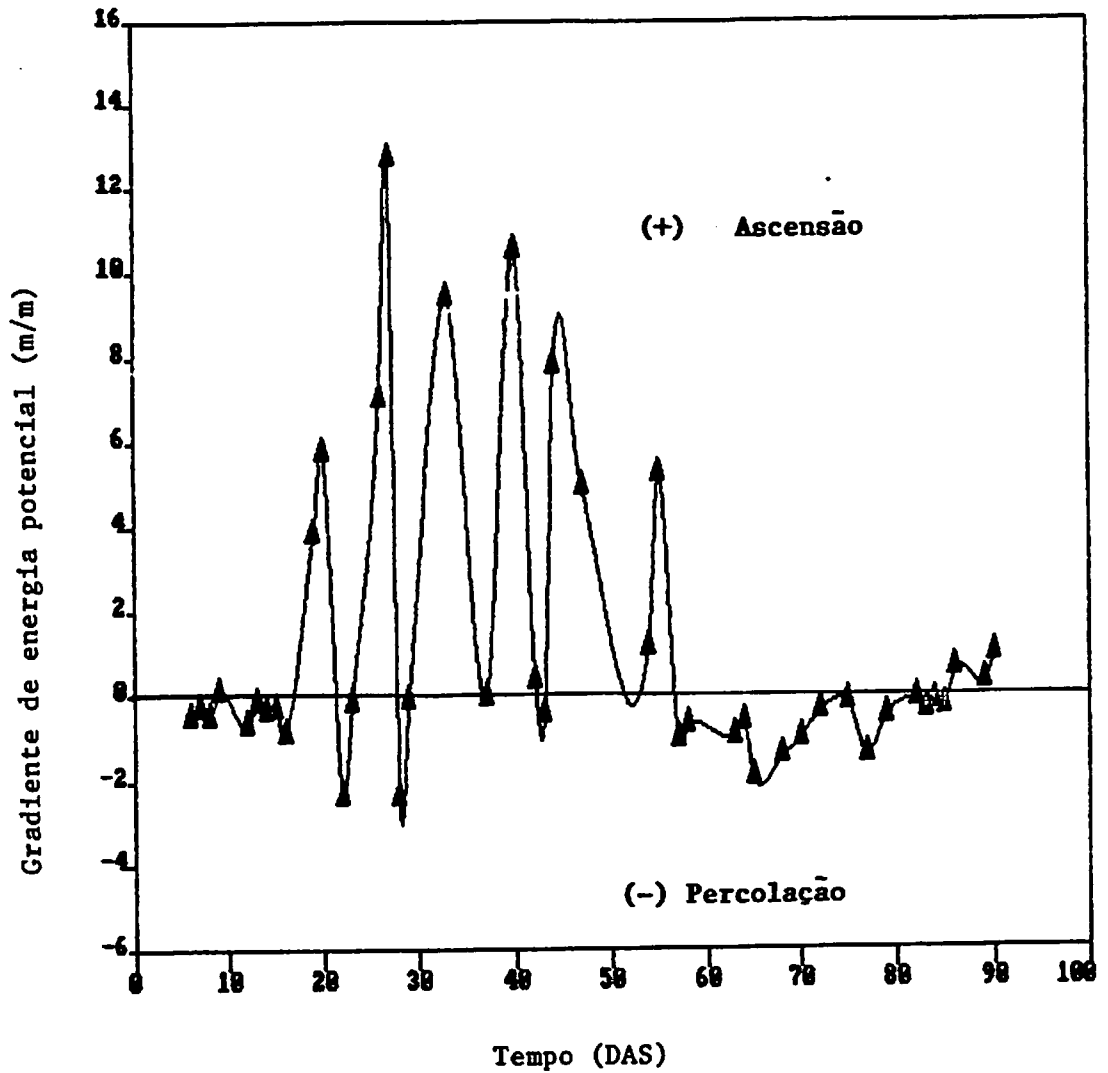


FIGURA 18 - Valores do gradiente de energia potencial da água do solo em função do tempo (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40cm, para a parcela L₃. Sete Lagoas, MG., 1990.

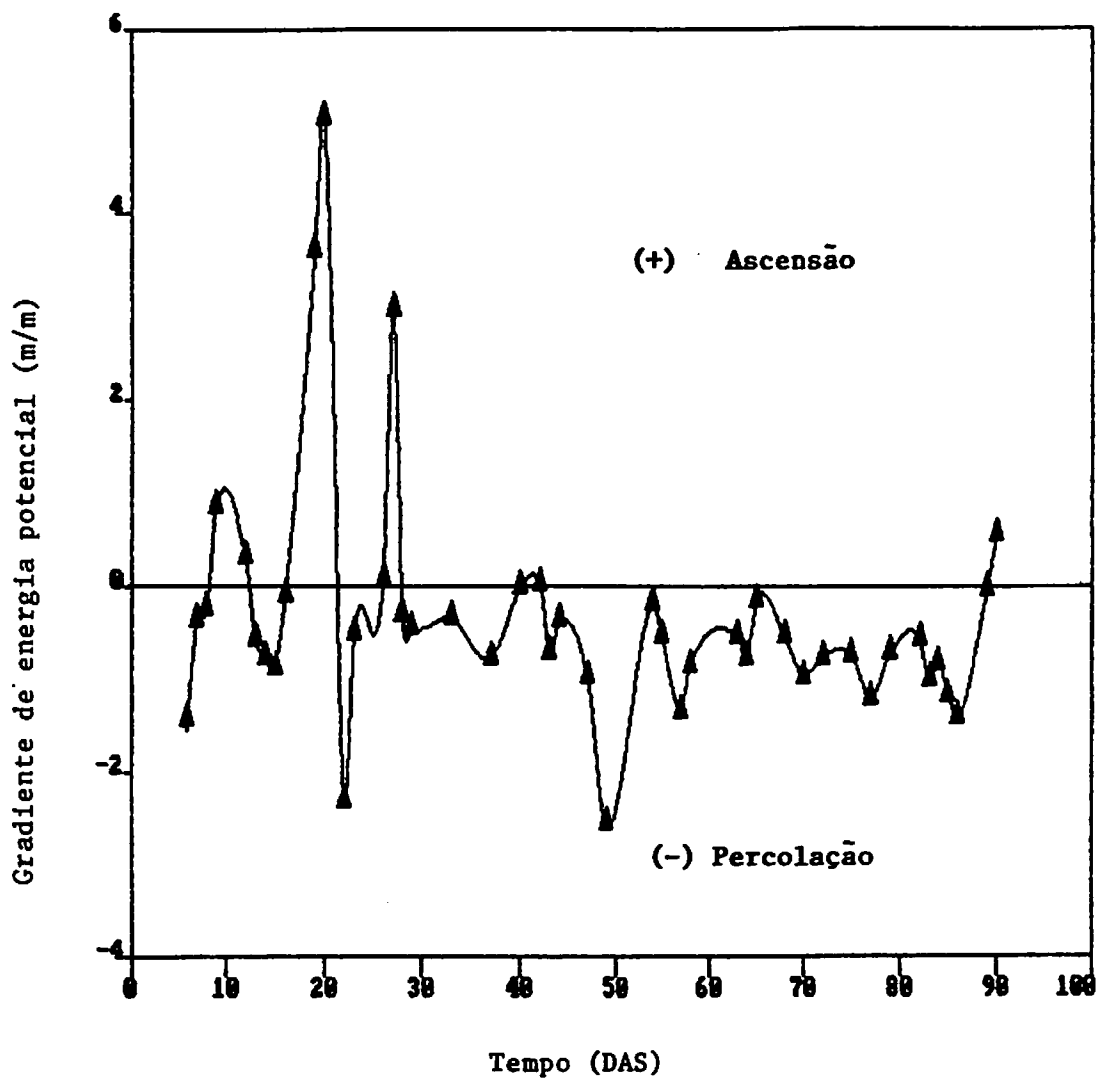


FIGURA 19 - Valores do gradiente de energia potencial da água do solo em função do tempo, (Dias Após a Semeadura - DAS), entre as profundidades de 20 e 40cm, para a parcela L₄. Sete Lagoas, MG., 1990.

TABELA 18 - Valores médios da ETa (mm/dia), em quatro estádios do ciclo da cultura do feijoeiro em função das lâminas totais de água por parcela. Sete Lagoas, MG, 1990.

Lâminas totais	Estádios de desenvolvimento				Média ponderada
	I	II	III	IV	
L ₁ (272 mm)	3,20	4,95	3,21	1,48	3,16
L ₂ (320 mm)	3,74	4,35	3,50	1,55	3,37
L ₃ (368 mm)	3,92	5,60	3,78	3,68	4,03
L ₄ (416 mm)	3,75	5,96	4,54	3,90	4,45
Média	3,65	5,22	3,76	2,65	3,75

I - emergência ao início da floração (IF) - 6º ao 35º dia
 II - IF ao início do enchimento de grãos (IEG) - 35º ao 55º dia
 III - IEG ao início de maturação (IM) - 55º ao 74º dia
 I - IM a maturação de colheita (MC) - 74º ao 90º dia

OBS: o ciclo total foi de 90 dias.

FELIPE (1991), em Lavras (MG), encontrou maior consumo de água pelo feijoeiro do enchimento do grão até o início da maturação e o menor consumo do início da floração ao início do enchimento do grão e FRIZZONE (1986) observou maiores consumos de água do início da formação dos grãos até o início da maturação. No entanto, tanto LUCHIARI (1978) como REICHARDT et alii (1974), em Piracicaba (SP), encontraram que a maior demanda de água pela cultura do feijoeiro foi durante o florescimento e frutificação. Já AZEVEDO (1984), ENCARNAÇÃO (1980), GUIMARÃES et alii (1982) e

STEINMETZ (1984) encontraram que um máximo consumo de água pela cultura foi obtido em pleno florescimento. Ao passo que, SILVEIRA & STONE (1979) encontraram os maiores valores de ET_a (3,2 mm/dia) para o período compreendido entre a germinação e o início do florescimento e durante o florescimento.

Destaca-se que as divergências identificadas nos diversos trabalhos fundamentam-se nos fatores climáticos, nas relações água-solo-planta, época do ano de realização do trabalho ou do método utilizado. De uma forma geral, evidencia-se, que a maior demanda de água pelo feijoeiro situa-se no período de florescimento ao enchimento do grão.

Durante o período do balanço hídrico a ECA acumulada somou 358,69 mm, a ET_a 246,30, 262,83, 314,04 e 347,48 mm e a lâmina total (LT) 252,00, 276,00, 318,00 e 360,00 mm para as parcelas L_1 , L_2 , L_3 e L_4 , respectivamente. Com estes dados foram obtidas as relações ET_a/ECA (0,68, 0,73, 0,87 e 0,98), ET_a/LT (0,97, 0,95, 0,98 e 0,97) e LT/ECA (0,70, 0,77, 0,89 e 1,00). Observou-se que a relação ET_a/ECA seguiu comportamento bem semelhante a LT/ECA , ao passo que a relação ET_a/LT aproximou-se de 1,0 em todas as parcelas, indicando que, praticamente, a água aplicada foi consumida no processo de evapotranspiração, ou seja, com uma eficiência de irrigação próxima de 100%.

Considerando que a lâmina L_3 apresentou melhores resultados para o rendimento de grãos e componentes da produção, pode-se recomendar o fator 0,87 para relacionar ET_a/ECA como mais relevantes para a Região de Sete Lagoas.

5. CONCLUSÕES

Fundamentando-se nas condições experimentais do presente trabalho e pela análise e discussões apresentadas, conclui-se que:

a) Pela análise de variância, do rendimento de grãos e dos componentes da produção, observou-se um efeito significativo, tanto para lâminas totais de água quanto para formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, via fertirrigação, no entanto, não foi observado interação significativa entre esses fatores.

b) A aplicação de água, influenciou no rendimento de grãos e nos componentes da produção segundo uma relação funcional quadrática, permitindo recomendar 370 mm como lâmina ideal para a cultura do feijoeiro na Região de Sete Lagoas, MG.

c) Em termos de nitrogênio, a forma de parcelamento P_3 (45 kg N/ha na pré-floração e 45 kg N/ha na floração plena) foi a mais eficiente para a cultura do feijoeiro na região de Sete Lagoas, MG. Demonstrando um alto potencial para o método da fertirrigação.

d) O uso mais eficiente da água pelo feijoeiro, foi observado na forma de parcelamento P_3 , tendo alcançada a eficiência 0,799 kg de grãos por m^3 de água evapotranspirada, para uma lâmina total estimada de 325,47 mm.

e) O consumo médio de água pelo feijoeiro, nos diferentes estádios de desenvolvimento foi de 3,65, 5,22, 3,76 e 2,65 mm/dia (L_1 , L_2 , L_3 e L_4) Em termos da lâmina L_3 , onde se verificou as maiores produtividades, o consumo de água nos diferentes estádios resultou em 3,92, 5,60, 3,78 e 3,68 mm/dia, com um valor médio para todo o ciclo de 4,03 mm/dia.

f) Em função das condições locais e dos fatores climáticos, pode-se considerar como ideal para os quatro estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro os fatores 0,67, 0,87, 0,87 e 0,76 para relacionar a ETa/ECA na Região de Sete Lagoas.

6. RESUMO

O presente trabalho foi conduzido no período de março a junho de 1990, em um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, fase cerrado, de relevo suave ondulado, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS/EMBRAPA, em Sete Lagoas, MG, com o objetivo de se verificar os efeitos de lâminas de água e formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, via fertirrigação, sobre os componentes de produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas sub-divididas, com quatro repetições. Os tratamentos constaram da combinação de quatro lâminas de água localizadas nas parcelas, e de quatro formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura nas sub-parcelas de 12 x 12 m com área útil de 36 m².

As lâminas aplicadas em cada irrigação por sistema de aspersão convencional foram de 18, 24, 30 e 36 mm, resultantes do

uso dos coeficientes 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2 sobre 30 mm de Evaporação Acumulada no Tanque "Classe A" (ECA), que foi o critério adotado como indicador do momento de irrigar. As lâminas totais aplicadas em todo o ciclo, incluindo as precipitações, foram de $L_1 = 272$, $L_2 = 320$, $L_3 = 368$ e $L_4 = 416$ mm.

Fez-se a aplicação de nitrogênio em cobertura via fertirrigação, utilizando-se aplicador portátil e, como fonte de nitrogênio, o fertilizante uréia, cujas formas e doses de parcelamento (kg de N/ha) foram: P_1 - sem N em cobertura, P_2 - 90 na pré-floração, P_3 - 45 na pré-floração e 45 na floração plena e P_4 - 30 na pré-floração, 30 na floração plena e 30 no enchimento de grãos.

Pela análise dos resultados obtidos, concluiu-se que:

- a aplicação de água afetou o rendimento de grãos segundo uma relação funcional quadrática, em todas as formas de parcelamento de nitrogênio em cobertura, via fertirrigação, sendo que o máximo rendimento estimado (2112 kg/ha) correspondeu ao parcelamento P_3 , para uma lâmina total estimada de 360,35 mm.

- em relação ao parcelamento observou-se o menor rendimento médio de grãos (1727,26 kg/ha) em P_1 e o maior (1953,36 kg/ha) em P_3 , correspondendo a um acréscimo de 13% na produção de grãos.

- em relação as lâminas totais de água aplicadas, o menor rendimento médio observado (1538,87 kg/ha) ocorreu em L_1 e o

maior (2106,38 kg/ha) em L_3 , evidenciando um acréscimo de 33% no rendimento de grãos, o que caracteriza a água como fator relevante no aumento da produção.

- o peso médio de 100 sementes variou com a aplicação de lâminas de água segundo uma relação funcional quadrática, sendo que o máximo observado (21,7 g) correspondeu ao parcelamento P_3 , para uma lâmina total estimada de 363 mm.

- o número médio de vagens por planta variou com a aplicação de água segundo uma relação funcional quadrática nos parcelamentos P_3 e P_4 e linear nos parcelamentos P_1 e P_2 , sendo que o número máximo estimado (12,5) correspondeu ao parcelamento P_3 , para uma lâmina total estimada de 371,44 mm.

- o número médio de sementes por vagem foi influenciado pelas lâminas de água segundo uma relação funcional quadrática, nos parcelamentos P_1 , P_2 e P_3 , e linear para P_4 , sendo que, o número máximo observado (5,86) correspondeu ao parcelamento P_3 para uma lâmina total estimada de 380,50 mm.

- o feijoeiro utilizou mais eficientemente a água aplicada no parcelamento P_3 , tendo alcançado um máximo de 0,799 kg de grãos/ m^3 de água aplicada, para uma lâmina estimada de 325,47 mm.

- o maior consumo de água pela cultura do feijoeiro, ocorreu no período compreendido entre o início da floração e o início do enchimento de grãos (4,95, 4,35, 5,60 e 5,96 mm/dia, para L_1 , L_2 , L_3 e L_4 , respectivamente)).

- em função das condições que prevaleceram durante a condução do trabalho e do período do ano que foi realizado, pode-se recomendar o fator 0,87 para relacionar ETa/ECA para a cultura do feijoeiro na Região de Sete Lagoas.

7. SUMMARY

EFFECTS OF DIFFERENTS IRRIGATION DEPHT AND NITROGEN APPLICATION PATTERN VIA IRRIGATION WATER ON YIELD COMPONENTS (FACTORS) OF COMMOM BEANS (Phaseolus vulgaris L.) CARIOCA CULTIVAR

The effect of different dephts of water and partitioning time of application of nitrogen, through ferti-irrigation, upon production components of beans (Phaseolus vulgaris L.), carioca cultivar was evaluated.

The present work was conducted in the period of March to June 1990, in an Allic Dark Red Latosol, cerrado phasis, with gently undulated relief, at the National Research Center for Corn and Sorghum - CNPMS/EMBRAPA, at Sete Lagoas, Minas Gerais. The study had objective of verifying the effects of water depth and fining of application of nitrogen through ferti-irrigation, upon the production components of common beans (Phaseolus vulgaris L.), carioca cultivar.

The experimental design was randomized blocks with split plots, with four replications. The treatments consisted of combination of four depths of water in the plots, and four application schedules of nitrogen in the 12 x 12m sub-plots, with an useful area of 36m².

The applied depths in each irrigation, via hand move sprinkler systems were 18, 24, 30 and 36mm, resulting from the use of coefficients 0.6, 0.8, 1.0 and 1.2, over 30mm of Cumulative Evaporation in the class A tank (CAT), which was the adopted criterion as indicator of the moment of irrigation. The total applied depths in all the crop season cycle, including precipitation, were $L_1 = 272$, $L_2 = 320$, $L_3 = 368$ and $L_4 = 416$ mm.

The application of nitrogen was made on the surface, via irrigation water, by employing urea as the source of Nitrogen. Dorage and lining of Nitrogen applications, in kg/ha were: P_1 - no partitioning; P_2 - 90 at the pre-flowering storage; P_3 - 45 at the pre-flowering and 45 at full flowering; and P_4 - 30 at the pre-flowering storage, 30 at full flowering and 30 at the storage of grain filling.

The analysis of the obtained results corroborate the following conclusions:

- The application of water increased the grain yield of according to a quadratic functional relationship, in all the partitioning patterns of nitrogen application via irrigation water. The maximum estimated yield (2112 kg/ha) corresponds to P_3 treatment

for a total estimated water layer of 360 . 35mm;

- Regarding Nitrogen application fining, it was observed that the lowest yield (1727 . 26 kg/ha) occurred with P_1 , and the highest (1953 . 36 kg/ha) with P_3 , corresponding to an increase of 12% in the grains production;
- For the total depths of applied water the lowest observed average yield (1538 . 87 kg/ha) occurred in L_1 and the highest (2106 . 38 kg/ha) in L_3 , evidencing an increase of 25% in the grains yield, which emphasizes the water as relevant factor upon increase in production;
- The average weight of 100 seeds was increased with the application of water according to a quadratic functional relationship, with that the maximum observed (21 . 7g) corresponding to P_3 treatment for a total estimated water depth of 363mm;
- The average number of pods per plant increased with the application of water in a quadratic functional in the P_3 and P_4 partitionings and in a linear fashion for P_1 and P_2 with the maximum estimated (12 . 5) corresponding to P_3 partitioning for a total estimated water depth of 371 . 44 mm;
- The average number of seeds per pod increased with the application of water in a quadratic functional relationship in P_1 , P_2 and P_3 treatments; and in a linear for P_4 , with the maximum observed (5 . 86) corresponds to P_3 parcelling for a total estimated water depth of 380.50mm.

The beans utilized the applied water more efficiently in P_3 , having reached a maximum of 0.799 kg/m^3 of applied water, for an estimated water depth of 325.47mm.

- The highest water consumption by the crop of beans occurred in the period between the start of flowering and the start of grain filling for all the plots 4.95, 4.35, 5.60 and 5.96mm/day, for L_1 , L_2 , L_3 and L_4 , respectively.

- As a function of the prevalent conditions during the conduction of the work and the period of the year it was realized, it is recommended the 0.87 beans 0.89 factors for relating ET_a/CAT for the beans in the region of Sete Lagoas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, D.L.; LEITAO FILHO, H.F. & MIYASAKA, S. Características do feijão Carioca, um novo cultivar. *Bragantia*, 30(7):23-9, abr. 1971.
2. ANÁLISES dos principais produtos. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, 13(2):16-55, fev. 1989.
3. ARAYA, V.R.; VIERA, C.; MONTEIRO, A.A.T.; CARDOSO, A.A. & BRUNE, W. Adubação nitrogenada da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 28(156):134-49, 1981.
4. ARAÚJO, G.A.A. Alternativas para a produção de feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. Belo Horizonte, EPAMIG, 1981. (Pesquisando, 34).

5. AVELAR, B.C. Cinquenta anos de observações meteorológicas de Sete Lagoas, MG. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1982, 33p. (Boletim Agrometeorológico, 4).
6. AZEVEDO, H.J. Efeito de diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 85p. (Tese MS).
7. BARROS, L.G. Caracterização de alguns cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) indicados para o Brasil. Viçosa, UFV, 1980. 105p. (Tese Doutorado).
8. CAROLUS, R.L. & SCHLEUSENER, P.E. Effecto of irrigation on the yield c/ snap beans, sweetr corn and tomatoes as influenced by certain cultural practices in 1949. *Michigan Quartely*, 32:465-78, 1970.
9. COSTA, E.F. da; COUTO, L. & AVELAR, B.C. Infiltração e redistribuição de água em um Latossolo Vermelho Escuro, Álico, Fase cerrado. Congresso de Ciências do Solo. Salvador. 1981.

10. COUTO, L. Effects of water stress on growth, reproductive development, dry matter partitioning and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.), in the field. *Dissertation Abstracts International B*, 39(12):5695, 1979.
11. DAKER, A. A água na agricultura. Irrigação e Drenagem, 7ª ed. Rio de Janeiro, Livraria Fretas Bastos, 1988. v.3. 543p.
12. DA SILVA, A.J. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) à adubação nitrogenada. Lavras, ESAL, 1988.
13. DEMATÊ, J.B.I. et alii. Irrigação e adubação mineral x matéria orgânica em cultura de feijão. Campinas, IAC, 1974. 27p. (IAC Boletim técnico, 15).
14. DOSS, B.D.; EVANS, C.E. & TURNER, J. Irrigation and applied nitrogen effects on snap beans and picking cucumbers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 102(5):654-7, Sept. 1977.
15. DOOREMBOS, J. & PRUITT, W.D. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma, FAO, 1977. 194p. (Estudio FAO: Riego y Drenage, 24).

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

17. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de milho e sorgo (Sete Lagoas, MG.). Enio Fernandes da Costa. Dispositivo portatil para aplicação de produtos químicos via água de irrigação. BR. N. PI 8804452. 31 agosto de 1988. *Revista da Propriedade Industrial*, Rio de Janeiro, N.1014, p.3, 17.04.1990.

18. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO (GOIÂNIA, GO). Manual de métodos de pesquisa em feijão. Goiânia, 1976.
81p.

19. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, 1979. n.p.

20. ENCARNAÇÃO, C.R.F. Estudo da demanda de água do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Goiano precoce. Piracicaba, ESALQ/USP, 1979. 62p. (Tese MS).

21. FELIPE, M.P. Efeito de diferentes lâminas de água e épocas de parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.). Lavras, ESAL, 1991. 105p. (Tese MS).
22. FREY, D. Quimigacion. Fertilizacion y control de malezas y plagas con el água de riego. Agricultura de Las Americas, Kansas, 30(12):14, 16, 18, 1981.
23. FRIZZONE, J.A. Funções de respostas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1986. 133p. (Tese de Doutorado).
24. GALLO, J.R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. Bragantia, Campinas, 20(40):867-84, set. 1961.
25. GARRIDO, M.A.T. & TEIXEIRA, H.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum na região sul de Minas Gerais. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projetos: Feijão; relatório 76/77, Belo Horizonte, 1978. p.25-7.

26. GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região Norte de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto feijão; relatório 75/77, Belo Horizonte, 1979. p.27-9.
27. GUIMARÃES, C.M.; STEINMETZ, S. & CASTRO, T.A.P. Uso de microlisímetros na determinação da evapotranspiração do feijoeiro da seca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, I, Goiânia, 1982. Anais... Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1982. p.137-7.
28. INFORZATO, R. & MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 22:447-81, 1963.
29. LIMA, C.A.S.; MARINATO, R.; CAIXETA, T.J. & DANTAS, M.S.F. Campo de observação de feijão irrigado. In: EMPRESA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto Feijão: relatório anual 75/76, Belo Horizonte, 1978. p.24-5.
30. LUCHIARI, A. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para feijão (Phaseolus vulgaris L.) pelo método de balanço hídrico. Piracicaba. ESALQ/USP, 1978. 59p. (Tese MS).

31. MACK, H.J.; BOERMA, L.L.; WOLFE, J.W.; SISTRUNK, W.A. & EVANS, D.D. Effects of soil moisture and nitrogen fertilizer on pole beans. *Agricultural Experiments Station Bulletin, Oregon*, (97):1-27, 1966.
32. MAGALHÃES, A.A. & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 13(2):55-60, fev. 1978.
33. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição de plantas. Editora Agronômica Ceres Ltda., São Paulo. 1980, 251p.
34. MAURER, A.R.; ORMROD, D.P. & SCOTT, N.J. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. *Canadian Journal of Plant Science, Ottawa*, 49:271-8, 1969.
35. MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 4:83-8, 1980.
36. MIRANDA, O.N. & BELMAR, C.N. Déficit hídrico e frecuencia de riego en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica, Santiago*, 37(3):111-7, 1977

37. MUIRHEAD, W.H. & WHITE, J.G. The influence of soil water potential on the flowering patten, pod set and yield of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Irrigation Science*, New York, 3:45-56, 1981.
38. PARJOL, L. Investigation of drought resistance in beans at different growth stages. *Field Crop Abstracts*, 29(11): 776, 1976.
39. POMPA, P.G. La tecnica y la tecnologia del riego por aspersión. Madrid Ministério de Agricultura, 1974. p.214-221.
40. PORTES, T.A. Manual de métodos de pesquisa em feijão: parâmetros fisiológicos e agronômicos empregados na pesquisa com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1981. 22p. (Suplemento, 1).
41. RAGGI, L.A.; BERNARDO, S. & GALVÃO, J.D. Efeito do turno de rega em três fases do ciclo do feijoeiro. *Seiva*, Viçosa, 32(76):34-43, 1976.
42. RAPOSO, J.R. A rega por aspersão. Lisboa, Livraria Clássica, 1979. 339p.

49. SILVEIRA, P.M.; FONSECA, J.R. & GUIMARÃES, C.M. Consumo de água pelo feijoeiro de 3ª época irrigado por aspersão. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1981. 5p. (EMBRAPA/CNPAF. Comunicado Técnico, 9).
50. _____; STEINMETZ, S.; GUIMARÃES, C.M.; AIDAR, H. & CARVALHO, J.R.P. Lâminas de água e turnos de rega na cultura do feijão de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(2):219-23, fev. 1984.
51. SHANI, M. La fertilization combinada con el rego. Israel, Ministério de Agricultura, 1981. 36p.
52. SMITTLE, D.A. Response of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization, and plant population. Journal of the American Society for Horticultural Science, Mount, 101(1): 37-40, 1976.
53. STANSEL, J.R. & SMITTLE, D.A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Journal of the American Society for Horticultural Science, Mount, 105(60):869-73, 1980.

43. REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L. & SANTOS, J.M. An analysis of soil-water movement in the field. II. Water balance in a snap bean crop. Piracicaba, CENA/ESALQ, USP, 1974. 19p.
44. SALTER, P.J. & GOOD, J.E. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal, CAB, 1967. 246p. (Research review, 2).
45. SILVA, A.M. Estudo do perfil de umidade do solo, sob influência da evapotranspiração. São Carlos, E.E.S.C., 1984. 169p. (Tese Doutorado).
46. SILVA, H.T. Caracterização morfológica, agrônômica e fenológica de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) comumente plantadas em diversas regiões do Brasil. EMBRAPA/CNPAP, 1981. 51p. (Circular Técnica, 15).
47. SILVA, M.A. Efeito da lâmina d'água e da adubação nitrogenada sobre produção de feijão-de-corda (Vigna sinensis L. Savi), utilizando o sistema de irrigação por "aspersão em linha". Viçosa, UFV, 1978. 49p. (Tese MS).
48. SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. Balanço de água na cultura do feijão em Latossolo Vermelho-Amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 14(2):111-5, abr. 1979.

54. STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima no cultivo de feijão de inverno. Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 1984, 4p. (Pesquisa em andamento).
55. STONE, L.F. & MOREIRA, J.A.A. Irrigação do feijoeiro, Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 1986, (Informe Técnico, 20).
56. VIEIRA, H.J. Parâmetros hídricos e de crescimento de duas variedades de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) sob diferentes condições de disponibilidade de água no solo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 153p. (Tese MS).
57. WIERSMA, J.L. Sprinkler irrigation system + fertilizer = fertigation. Farm & Home, South Dakota Research, 20(1): 5-8, 1969.

