FERTIRRIGAÇÃO POR SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL NA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

PEDRO CÉSAR SOARES MAIA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Décio Eugênio Cruciani

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo
Junho- 1989

M217f

Maia, Pedro César Soares

Fertirrigação por sistema de irrigação por
aspersão convencional na cultura do feijoeiro
(Phaseolus vulgaris L.). Piracicaba, 1989.
80 p. illus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia

1. Feijão - Adubação nitrogenada 2. Feijão -
Fertirrigação por aspersão 3. Fertirrigação 4.
Irrigação por aspersão I. Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 635.652

FERTIRRIGAÇÃO POR SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL NA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Pedro César Soares Maia

Aprovada em: 04.07.1989

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Décio Eugênio Cruciani ESALQ/USP

Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi ESALQ/USP

Prof. Dr. José Antônio Frizzone ESALQ/USP

Prof. Dr. Décio Eugênio Cruciani

Orientador

`A meus pais

e irmãos

DEDICO

`A minha esposa, EDNA e

ao meu filho, LUIZ GUSTAVO

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos às pessoas e instituições que tornaram possível a realização desse trabalho:

- Ao prof. Dr. Décio Eugênio Cruciani pela orientação;
- Aos profs. Dr. Paulo Leonel Libardi, Dr. Jose Antonio Frizzone e Ms. Durval Dourado Neto, pela colaboração.
- Ao presidente da CODEVASF - Dr. Eliseu Roberto de Andrade Alves pela oportunidade oferecida;
- Ao diretor regional da CODEVASF/1ª DR - Engenheiro agrônomo Roberto Mauro Amaral pelo apoio e incentivo;
- Ao prof. Ms. Sergio O. Moraes pela colaboração na realização dos testes das cápsulas porosas e confecção dos tensiômetros.
- Ao prof. Dr. Joaquim Albenísio G. da Silveira, pelas análises de matéria seca e nitrogênio na planta.
- Ao Engenheiro Agrícola Antonio Alfredo Teixeira Mendes, pela participação no empréstimo dos aspersores, conexões e injetor de fertilizante;
- Ao Engenheiro Mecânico Waldemar Dias e Agente Administrativo Antonio Nascimento, pela colaboração na criação dos arquivos computacionais dos dados;
- Ao estudante de graduação em agronomia, Valter Mendes da Silva, pela colaboração na condução do experimento;
- Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP;

- A Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), ao Ministério extraordinário para assuntos de irrigação e ao Ministério da Agricultura (PROVARZEAS);
- A Aspersão no Brasil S/A-ASBRASIL;
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMARIO

página

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Utilização do nitrogênio pelas plantas.....	3
2.2. Aplicação convencional de fertilizantes nitrogenados	5
2.2.1. Perdas de nitrogênio	5
2.2.1.1. Perdas por volatilização	5
2.2.1.2. Perdas por lixiviação	7
2.3. Parcelamento, absorção e eficiência de utilização do nitrogênio fertilizante pelas plantas	8
2.4. Fertirrigação	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Local	16
3.2. Solo	16
3.2.1. Classificação	17
3.2.2. Caracterização física	17
3.2.3. Caracterização química	18
3.3. Cultura	22

3.4. Parcela experimental	22
3.5. Delineamento experimental	25
3.6. Implantação e condução da cultura	26
3.7. Sistema de irrigação	28
3.7.1. Teste do aspersor	28
3.7.2. Irrigação	29
3.7.3. Fertirrigação	33
3.8. Análise do material vegetal	35
3.8.1. Análise do nitrogênio total	35
3.9. Colheita	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1. Potencial mátrico de água no solo	38
4.2. Rendimento da matéria seca	52
4.3. Nitrogênio na planta	59
4.4. Rendimento de grãos	66
5. CONCLUSÕES	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
7. APÊNDICE	76

LISTA DE TABELAS

TABELAS	página
1-Resultados das análises granulométricas(%) e densidade global (g/cm ³) do solo da área experimental.....	19
2-Resultados das análises de algumas características químicas do solo da área experimental.....	19
3-Parcelamento do nitrogênio(kg/ha) nos tres tratamentos.	26
4-Valores do potencial mátrico (cm de água) na profundidade de 15 cm.....	42
5-Valores do potencial mátrico (cm de água) na profundidade de 25 cm.....	43
6-Análise estatística do rendimento da matéria seca(t/ha) do feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) por efeito da adubação nitrogenada.....	55-56
7-Rendimento da matéria seca (t/ha) do feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) em quatro épocas do ciclo da cultura, por efeito da adubação nitrogenada.....	57
8-Análise estatística da quantidade de nitrogênio absorvido pelo feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	62-63
9-Quantidade de nitrogênio absorvido (kg/ha) pelo feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), em quatro épocas do ciclo da cultura por efeito da adubação nitrogenada.....	64
10-Análise estatística do rendimento de grãos do feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	68
11-Rendimento de grãos (t/ha) do feijoeiro (<i>Phaseolus</i>	

vulgaris L.) por efeito da adubação nitrogenada.....	69
12-Rendimento da matéria seca(g/8-plantas) do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) em quatro épocas do ciclo da cultura, por efeito da adubação nitrogenada.....	77
13-Porcentagem de nitrogênio (%) no feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) em quatro épocas do ciclo da cultura, por efeito da adubação nitrogenada.....	78
14-Dados de precipitação (PREC), irrigação (IRRIG), evaporação ocorrida no Tanque Classe A (ECA), evapotranspiração da cultura de referência (ET _o), e evapotranspiração máxima (ET _m), da cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.).....	79
15-Resultados dos Testes de condutância hidráulica das cápsulas porosas	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	página
1-Curva característica de retenção de "água" no solo na profundidade de 15 cm.....	20
2-Curva característica de retenção de "água" no solo na profundidade de 25 cm.....	21
3-Esquema do experimento no campo.....	24
4-Conductância hidráulica das cápsulas porosas	32
5-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 1 ,profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura.....	44
6-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 2, profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura.....	44
7-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 3 , profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura.....	45
8-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 4 , profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura.....	45
9-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 5 , profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura.....	46
10-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 1 , profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura.....	46

11-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 2 , profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura.....	47
12-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 3 , profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura.....	47
13-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 4 , profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura.....	48
14-Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 5 , profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura.....	48
15-Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) ocorrida na área experimental durante o ciclo da cultura.....	49
16-Precipitação(mm) ocorrida na área experimental durante o ciclo da cultura.....	49
17-Irrigação(mm) efetuada na área experimental durante o ciclo da cultura.....	50
18-Evaporação do Tanque Classe A(mm) ocorrida na área experimental durante o ciclo da cultura.....	50
19-Média de 5 dias da evapotranspiração potencial da cultura de referência(mm) pelo Tanque Classe A, ocorrida na área experimental durante o ciclo da cultura.....	51
20-Média de 5 dias da evapotranspiração máxima(mm) estimada na área experimental, durante o ciclo da cultura....	51
21-Representação gráfica do acúmulo de matéria seca do	

feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	50
22-Representação gráfica da quantidade de nitrogênio absorvido pelo feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	65

FERTIRRIGAÇÃO POR SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL NA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Pedro César Soares Maia

Engenheiro agrônomo

Décio Eugênio Cruciani

Orientador

RESUMO

Objetivando estudar o efeito da adubação nitrogenada, aplicada através da água de irrigação, sobre o rendimento de grãos, acúmulo de matéria seca e absorção de nitrogênio pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) conduziu-se um experimento com o cultivar carioca, em área do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), em Piracicaba-SP

O delineamento estatístico foi o de blocos inteiramente casualizados, com parcelas subdivididas no

tempo, tres tratamentos, cinco repetições, e quatro épocas de coleta de plantas .A fonte de nitrogênio utilizada foi o fertilizante uréia aplicado a uma taxa de 40 kg de N por hectare. Os tratamentos foram : (I) parcelas sem adubação nitrogenada de cobertura; (ii) parcelas com adubação nitrogenada de cobertura, aplicada manualmente sobre o solo e incorporada ao longo da linha da cultura em uma única dosagem aos 30 DAG; (iii) parcelas com adubação nitrogenada de cobertura, aplicada parceladamente através da água de irrigação aos 30, 42, e 50 dias após a germinação.

As épocas de amostragens de plantas foram aos 30(E1), 42(E2), 50(E3) e 60(E4) dias após a germinação.

A aplicação de água e solução nitrogenada foram realizadas através de um sistema convencional de irrigação por aspersão, com o fertilizante nitrogenado sendo introduzido na rede de irrigação por injetor de solução fertilizante de funcionamento hidráulico.

O controle da irrigação foi realizado através de tensiômetros instalados às profundidades de 15 e 25 cm, em uma parcela de cada bloco. Assumiu-se valores de potencial mátrico de - 600 e - 100 cm de água como limites inferior e superior da água disponível do solo, respectivamente, para reposição de água às plantas.

Através da análise dos resultados obtidos nas condições do experimento concluiu-se que: a) A adubação

nitrogenada aumentou significativamente, ao nível de 5 % de probabilidade, a produção de grãos e absorção de nitrogênio pela planta. b) Os tratamentos fertirrigação e adubação nitrogenada convencional, não apresentaram diferença significativa, ao nível de 5 % de probabilidade, para a absorção de nitrogênio e produção de grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). c) A fertirrigação aumentou significativamente, ao nível de 5 % de probabilidade, o acúmulo de matéria seca na planta. d) A fertirrigação, em nenhuma situação, mostrou-se inferior à adubação nitrogenada convencional, apresentando a vantagem de possibilitar a redução de mão-de-obra e simplificação da fertilização nitrogenada.

FERTIRRIGATION OF THE BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) CROP
BY USING CONVENTIONAL SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM.

Pedro César Soares Maia

Décio Eugênio Cruciani

adviser

SUMMARY

With the purpose of studying the effect of nitrogen fertilization, applied via irrigation water, on grain yield, dry matter production and nitrogen absorption by bean plants, an experiment was set up with the variety "carioca" at the experimental field of the Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Brazil. The statistical design was the randomized blocks one with five replications and splitplots for time. Uréia fertilizer was used as

nitrogen source, applied at a rate of 40 Kg-N/ha. The treatments were: (i) plots without nitrogen fertilizer, spread at the soil surface. (ii) plots with nitrogen fertilizer spread at the soil surface by hand on the crop rows only at 30 days after germination. (iii) plots with nitrogen fertilizer applied on the soil surface via irrigation water. The times of plant sampling were at 30, 42, 50 and 60 days after germination. Water and nitrogen solution were applied by a conventional sprinkler irrigation system, the nitrogen fertilizer solution being injected in the system by an hydraulic injection pump. The irrigation was controlled by means of tensiometers installed at 15 and 25 cm soil depths in one plot of each block using matric potencial values of -600 and -100 cm of water as lower and upper limits of available water, respectively. From the analysis of the obtained results it may be concluded that: a) The nitrogen fertilization increased, at the level of 5% of probability the grain yield and the nitrogen absorption by plants. b) The nitrogen fertilization by means of fertirrigation and the conventional nitrogen fertilization did not show statistical differences at the level of 5% of probability for grain yield and nitrogen absorption by bean plants. c) The fertirrigation increased, at the level of 5% of probability, the plant dry matter production. d) fertirrigation as compared to normal fertilization never

had lower performance, and has the advantages of reducing labour and of simplifying the nitrogen fertilization practice.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se situa entre os maiores produtores de feijão do mundo com uma produção anual estimada em 2,5 milhões de toneladas, e uma produtividade média de 600 kg/ha, a qual é bastante baixa visto o grande potencial genético das variedades cultivadas que é da ordem de 4000 kg/ha. A baixa produtividade na exploração dessa cultura é oriunda de várias causas tais como: a utilização de sementes de qualidade imprópria, forma de aplicação e adubação inadequada, controle deficiente de pragas e doenças, adversidade climática nas lavouras conduzidas em regime de sequeiro, com ocorrência de distribuição irregular das chuvas, provocando a falta ou excesso de água em períodos críticos de desenvolvimento das plantas.

Dessa maneira, vislumbra-se nessa cultura um grande potencial para a expansão da produção, necessitando para isso de uma maior difusão de tecnologia aos agricultores. Dentre essas técnicas, a irrigação se apresenta em destaque, propiciando ao produtor uma diminuição dos riscos de investimentos, o aumento da

produtividade, e um maior número de safras durante o ano. Aliada à irrigação, tem-se também o uso de tecnologias competitivas visando uma maior eficiência na utilização dos insumos, simplificação das operações e diminuição dos custos na condução das lavouras.

Procurando uma maior viabilidade de suas explorações agrícolas, muitos agricultores vêm utilizando a irrigação por aspersão para a aplicação de fertilizantes nitrogenados em suas lavouras, tecnologia essa em grande difusão na atualidade.

O objetivo deste trabalho é a avaliar a aplicação do fertilizante nitrogenado (uréia) através do sistema de irrigação por aspersão convencional na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em comparação com o método manual de adubação em cobertura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1.Utilização do nitrogênio pelas plantas.

Dentre os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, o nitrogênio é de vital importância, pois, embora sendo o elemento mais abundante na natureza, representando cerca de 78% da composição do ar atmosférico (em volume), é frequentemente o elemento que mais limita a produção das culturas, pelo fato de na forma gasosa não ser disponível para as plantas, com exceção de algumas leguminosas associadas a bactérias do gênero *Rhizobium* (NEVES, 1981).

A matéria orgânica é a principal fonte de nitrogênio no solo, o qual representa aproximadamente 5% dessa. Do total de nitrogênio no solo, normalmente mais de 98% encontra-se na forma orgânica, e o seu teor é muito variável (BREMNER, 1965). Ao contrário dos demais nutrientes, encontra-se em constantes transformações e por ser bastante dinâmico no solo, dificulta uma avaliação precisa de sua disponibilidade. A mineralização é o processo em que o N orgânico evolui para as formas

amoniacoal ($N-NH_4^+$) e nítrica ($N-NO_3^-$), principalmente nessa última, através da degradação da matéria orgânica por ação de microorganismos, sendo esse processo fortemente afetado pelas condições do solo (umidade, temperatura, pH, aeração, conteúdo e tipo de colóides minerais, disponibilidade de nutrientes, relação C/N,), natureza do substrato orgânico e sistema de cultivo (BARTHOLOMEW, 1975).

Conforme MEIRELLES et alli (1980), nem sempre altos conteúdos de matéria orgânica no solo representam disponibilidade suficiente do nitrogênio para as plantas em períodos de maior exigência, daí a obtenção de respostas favoráveis a fertilização nitrogenada para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*).

Segundo MALAVOLTA (1967), para a fertilização nitrogenada as plantas, tem-se utilizado de várias fontes comerciais de nitrogênio, obtidas a partir do nitrogênio do ar por fixação industrial, tais como: uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, etc.. A uréia representa uma das fontes mais econômica de nitrogênio, sendo completamente assimilável pelas plantas nas formas amoniacoal e nítrica. Seu nitrogênio é resistente a lavagens e aumenta muito pouco a acidez do solo. Considera-se que a adubação deve ser igual a diferença entre a exigência da cultura e o fornecimento pelo solo, multiplicada por um coeficiente K, o qual é função do

adubo considerado nas condições de solo, clima e da própria planta. Salienta-se ainda, que o objetivo é obter maiores produções e/ou produtos de melhor qualidade pelos menores custos.

A uréia, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, apresenta 45% de nitrogênio. Essa alta porcentagem de nitrogênio facilita o transporte e dificulta a distribuição uniforme em uma grande área (ANDA, 1975).

MALAVOLTA (1981) e SANCHEZ (1976) apresentam tabelas das exigências de nitrogênio pelas principais culturas tropicais, nas quais se observa que para colher de 500 a 1000 kg/ha de grãos de leguminosas (feijão, soja, amendoim), são necessários de 30 a 50 kg de N/ha no produto colhido. Para maiores produções esses valores podem variar de 100 a 150 kg de N/ha, sem considerar o nitrogênio necessário na produção dos restos culturais.

2.2. Aplicação convencional de fertilizantes nitrogenados

2.2.1. Perdas de nitrogênio

2.2.1.1. Perdas por volatilização

As perdas de nitrogênio para a atmosfera se dão na forma de amônia (NH_3) e ocorrem com alta frequência

quando o adubo é aplicado na superfície do solo sem incorporação. Depende também de outros fatores tais como: natureza do próprio fertilizante, complexo de troca, pH, teor de matéria orgânica, umidade, temperatura, uniformidade da superfície, movimento de ar, presença de carbonatos, tamanho do grânulo do adubo e o tempo decorrido entre a aplicação e a chuva ou irrigação, ou a eventual incorporação do produto no solo (MALAVOLTA, 1981).

De acordo com Terman (1979), as perdas de $N-NH_3$ são praticamente eliminadas em solos ácidos quando se colocam os adubos nitrogenados a profundidade mínima de 5 cm. As aplicações superficiais correm alto risco de perdas, especialmente em solos de baixa capacidade de troca, alto pH e baixa umidade. Nos solos alcalinos, a colocação do adubo abaixo da superfície reduz mas não elimina as perdas de nitrogênio.

RODRIGUES e KIEHL (1986) avaliando modos de aplicação de uréia em laboratório e casa de vegetação com aplicação de uréia na superfície do solo, misturada às camadas de 0 a 2 cm, 0 a 5 cm, e localizada a 5 cm de profundidade, nas dosagens de 120, 180 e 240 kg/ha de nitrogênio, concluíram que a aplicação de superfície resultou na volatilização de quase todo o nitrogênio, enquanto a incorporação rasa (0 a 2 cm) pouco contribuiu para diminuir as perdas. As aplicações na profundidade de 0 a 5 cm, permitiram melhor controle da volatilização,

principalmente no solo podzólico vermelho-amarelo, onde as perdas puderam ser eliminadas com a localização do fertilizante a 5 cm da superfície. No latossolo vermelho-amarelo distrófico, a volatilização não foi totalmente controlada, mesmo localizando a uréia a essa última profundidade. A aplicação em profundidade se mostrou mais efetiva em reduzir a volatilização da amônia quando a menor dose de uréia foi aplicada.

LIBARDI & REICHARDT (1978) avaliando o destino da uréia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ aplicada a cultura de feijão em solo classificado como Terra Roxa Estruturada, encontraram que as perdas por volatilização do adubo quando incorporado ao solo foram insignificantes.

2.2.1.2. Perdas por Lixiviação

A lixiviação de nutrientes abaixo da profundidade de ação do sistema radicular, representa também um processo de perdas de nutrientes pelo solo.

REICHARDT (1985), cita que dois são os processos responsáveis pelo movimento de um nutriente no solo: difusão e fluxo de massa. A difusão representa o transporte devido a gradientes de potencial químico, e o transporte de massa se refere a todo transporte de íons arrastados pelo fluxo de água no solo, o qual compreende a quantidade de nutrientes arrastados pela água por unidade

de seção transversal ao fluxo, por unidade de tempo. Conhecendo a concentração do nutriente na solução do solo, a relação funcional entre condutividade hidráulica com a umidade $[K(\theta)]$, e a variação do potencial mátrico na profundidade $(\partial Y/\partial Z)$, pode ser estimada a percolação profunda (fluxo de massa) de nutrientes abaixo da profundidade explorada pela cultura.

A baixa capacidade de adsorção de NO_3^- e NH_4^+ pelos solos, associada às condições de alta precipitação, ocasiona a lixiviação de nitrogênio para as camadas inferiores do perfil do solo. Essa acentuada lixiviação de NO_3^- foi o principal fator responsável pela baixa eficiência de aproveitamento (11 a 36 %) do fertilizante nitrogenado, em experimento conduzido em Terra Roxa Estruturada com a cultura do feijoeiro por NEPTUNE e MURAOKA (1978).

2.3. Parcelamento, absorção e eficiência de utilização do nitrogênio fertilizante pelas plantas.

MALAVOLTA (1980), descreve a conveniência do parcelamento do nitrogênio em função da baixa exigência (em termos absolutos) inicial da cultura, possibilidades de perdas por lixiviação e índice salino. As culturas anuais devem receber no plantio apenas uma fração da dose de N que necessitam, aplicando o restante sobre o solo, ao

lado das plantas, no período de sua maior exigência. A uréia, quando utilizada como fonte de nitrogênio, deve ser incorporada visando evitar perdas por volatilização, as quais podem atingir 25 a 60 % do total aplicado.

MEIRELLES et alli (1980) trabalhando com adubação nitrogenada em feijoeiro em Terra Roxa Estruturada e usando o sulfato de amônio como fonte de N, obtiveram com a aplicação de 100 kg de N/ha um aproveitamento pela cultura de 30 kg de N/ha, e concluíram que a adubação nitrogenada deve ser parcelada, aplicando 1/3 da dose total no plantio e os 2/3 restantes aos 30 - 45 dias após a germinação, período esse de maior eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado.

NEPTUNE & MURAOKA (1978), também em solo similar obtiveram as mais altas eficiência de utilização do nitrogênio com baixas doses (15 - 30 kg de N/ha) de adubo, aplicadas nas épocas de maior absorção pela cultura.

URQUIAGA (1982) estudando a utilização do N oriundo do fertilizante sulfato de amônio no feijoeiro, com aplicação de 1/3 aos 6 dias após germinação-DAG (14 kg de N/ha) e o restante aos 26 DAG (28 kg-N/ha), obtiveram um aproveitamento de 31,87 kg-N/ha, com a eficiência máxima de utilização do adubo nitrogenado (75,88%) ocorrendo aos 66 DAG, coincidindo com o estágio de maior desenvolvimento das vagens. Citam também que as

quantidades de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF) nunca foram maiores que as quantidades de nitrogênio na planta proveniente do solo (NPPS). Embora o ritmo de absorção desse nutriente das duas fontes tenha sido semelhante, verificou-se um comportamento similar ao encontrado por MEIRELLES et alii (1980), em uma cultura de feijoeiro, para a qual, a máxima quantidade de NPPF (30 kg de N/ha) acumulado na planta, ocorreu aos 40 DAG, sendo que nessa época o NPPS era muito baixo (13,9 kg-N/ha), mas continuou crescendo até chegar ao máximo de 50 kg de N/ha aos 66 DAG.

A aplicação fracionada dos nutrientes aumenta a sua assimilação pelas plantas e limita as perdas por lixiviação, proporcionando um aproveitamento mais eficiente do fertilizante (FRIZZONE et alii, 1985).

HAAG & MALAVOLTA (1967), estudando a absorção de macronutrientes essenciais pela variedade de feijão chumbinho opaco, encontraram que o crescimento até aos 20 dias foi bastante lento, intensificando-se aos 30 dias, e o máximo foi alcançado aos 50 dias de idade, sendo que o nitrogênio, potássio e cálcio foram absorvidos até os 50 dias após a germinação. A extração de nitrogênio foi de 201,2 kg-N/ha para uma produção de 500 kg de grãos/ha e uma exportação (fração no produto colhido) de 14,3 kg de N/ha.

2.4. FERTIRRIGAÇÃO

A aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas através da irrigação por aspersão é feita com sucesso em vários países. No Brasil, devido a carência de pesquisa nesse setor, esse método ainda é usado de modo restrito. Mesmo com a falta de informações, vários agricultores brasileiros já estão utilizando esse tipo de aplicação, principalmente no caso de adubações nitrogenadas (MARCHETTI, 1983).

COSTA et alii (1986) citam que a fertirrigação apresenta as seguintes vantagens: (I) Economia de mão-de-obra e maquinaria; (II) Aplicação no momento exato que a planta necessita; (III) Possibilidade de aplicação em qualquer fase do ciclo cultural; (IV) Fácil parcelamento e controle; (V) Distribuição uniforme com água de irrigação; (VI) Maior flexibilidade das operações; (VII) Simplificação das práticas culturais; (VIII) Maior eficiência de utilização dos nutrientes; (IX) Maior facilidade de aplicação dos nutrientes; (X) Menor dano físico ao solo e à cultura.

Segundo HAGIN & TUCKER (1982) a viabilidade da fertirrigação pode ser avaliada em relação a aplicação convencional de fertilizantes através da quantidade de mão de obra envolvida, pela eficiência de uso do fertilizante, e com o nível de produção obtido, em cada método de

aplicação.

Nos dias atuais, tempo e mão-de-obra são fatores altamente limitantes na agricultura. A utilização de fertilizantes diluídos na água de irrigação facilita o manejo no campo, aplicando com comodidade os fertilizantes. Também, os custos das soluções fertilizantes podem ser menor do que no uso tradicional dos fertilizantes sólidos, uma vez que as eficiências de uso e aplicações são maiores (FRIZZONE, 1984).

MARCHETTI (1983) afirma que os resultados são sempre positivos, pelo fato de se poder fazer um maior parcelamento da dose total do nutriente, resultando um melhor aproveitamento por parte das culturas, com consequente aumento da produtividade.

FRIZZONE (1984) cita que a aplicação mecânica de fertilizantes é relativamente demorada e em alguns casos provoca a compactação do solo, e que a fertirrigação é bastante rápida e cômoda, sendo que a solução de fertilizante dilui-se de forma homogênea na água de irrigação, distribuindo-se no campo da mesma forma que a água. Oferece maior versatilidade na época de aplicação do nutriente, podendo dosar muito mais rigorosamente as quantidades à aplicar, de acordo com as necessidades das plantas, durante todo o ciclo vegetativo. O fracionamento das quantidades de fertilizantes tem uma influência decisiva no rendimento das culturas, aumentando a sua

assimilação pelas plantas e limitando as perdas por lixiviação, proporcionando um aproveitamento mais eficiente do fertilizante, sobretudo no que se refere ao nitrogênio.

HAGIN & TUCKER (1982) afirmam que a fertirrigação é utilizada com maiores vantagens em solos de textura grosseira do que em solos de textura fina, principalmente para adubos nitrogenados.

A perda de nitrogênio é mais intensa e rápida em solos arenosos que em solos de textura fina, uma vez que a água em excesso à capacidade de campo, percola através do solo, lixiviando nutrientes, principalmente nitrogênio em forma de nitratos (RAIJ, 1981).

RAIJ (1987) afirma que o nitrato é o ânion normalmente repelido pela superfície negativa das partículas do solo, e conseqüentemente facilmente lixiviado, praticamente acompanhando as águas de percolação.

Segundo CALDWELL et alli (1977), citados por HAGIN & TUCKER (1982), uma das maiores características que influencia a fertirrigação é a textura do solo, principalmente para fertilizantes nitrogenados. Em solos de textura grossa existe grande probabilidade de lixiviação. A aplicação de pequenas doses de nitrogênio durante várias épocas de desenvolvimento retém o nitrogênio na rizosfera. De outra maneira, em solos de textura fina onde a lixiviação de nutrientes é restrita, uma aplicação básica

é apropriada para todo o desenvolvimento, podendo a fertirrigação não ser vantajosa sobre outros métodos de aplicação. Citam também que o método de irrigação pode influenciar a distribuição do fertilizante aplicado no campo. O manejo da água, particularmente a quantidade aplicada e a frequência de irrigação, influenciam a distribuição do fertilizante em profundidade no solo. Aplicação de água em excesso abaixo da zona radicular pode induzir a perdas de nutrientes e assim à ineficiência de aplicação do fertilizante. O controle da lixiviação pode salvar 25 a 30 % do nitrogênio aplicado.

REHM & WIESE (1975) conduziram um experimento para avaliar a influência do método de aplicação de nitrogênio em relação a textura do solo. Concluíram que a aplicação de nitrogênio via água de irrigação (aspersão) aumentou a produção de grãos para o perfil arenoso. Para o solo com textura fina na profundidade 50 a 70 cm, o método de aplicação não influenciou na produção.

DOWLER et alli (1985) em pesquisa desenvolvida na Coastal Plain Experiment Station, durante um período de 4 anos, concluíram que nesse período as produções obtidas através da fertirrigação foram maiores, igualando ou excedendo a média do nível de produção da estação experimental. Esses resultados indicaram que a aplicação de nitrogênio através da irrigação por aspersão

manteve um nível adequado de fertilidade no solo e, consequentemente, alta produção.

Em um experimento com bananas, a uréia aplicada através da irrigação por aspersão foi mais eficiente que a aplicação manual. Isso resultou em maior conteúdo de nitrogênio nas folhas e grande produção de bananas com menor quantidade de fertilizante (ARSCOTT, 1970 citado por HAGIN et alii 1982).

¹
COSTA (1988) conduziu experimento com milho em solo Latossolo Vermelho-escuro distrófico (LEd) textura argilosa, onde comparou dois métodos de aplicação de uréia: em cobertura incorporada ao solo (7 - 10 cm), e na água de irrigação através do método de aspersão, parcelando em 3,4 e 6 vezes, as dosagens de 60 e 120 kg de N/ha. Concluiu que a produção de grãos não foi afetada pelo método de aplicação de nitrogênio, pelo parcelamento, e pela dose aplicada, indicando que a fertirrigação proporcionou o mesmo nível de produtividade em comparação com o método convencional de aplicação de nitrogênio.

1

COSTA, E.F.da. (EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa em Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG) Trabalho não publicado

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL

O Experimento foi instalado em área do Departamento de Engenharia Rural, campus da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, município de Piracicaba, estado de São Paulo, Brasil, cujas coordenadas geográficas são $22^{\circ} 42' 30''$ de latitude sul, e $47^{\circ} 38' 00''$ de longitude oeste. A altitude local é de 580 metros.

O clima, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cwa, com as seguintes médias anuais: 1253 mm de precipitação pluviométrica, $21,1^{\circ}\text{C}$ de temperatura, 74 % de umidade relativa do ar, 2,2 m/seg de velocidade do vento, e 6 horas/dia de insolação (OMETTO, 1989).

3.2. Solo

3.2.1. Classificação

O solo foi classificado como Terra Roxa Estruturada (TR) pela Comissão de Solos do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômica - M.A. (1960) e RANZANI et alii (1966), o qual pelo sistema americano de classificação (USDA, 1975), está dentro da ordem dos Alfisols, correspondente ao Paleudalf oxico.

A Terra Roxa Estruturada representa cerca de 1,1 % dos solos do estado de São Paulo, e cerca de 6,1 % das áreas do município de Piracicaba (RANZANI et alii, 1966).

3.2.2. Caracterização Física

A caracterização física da área experimental foi realizada previamente à instalação do experimento, através da coleta e análises de amostras do solo. Foi determinado a composição granulométrica em duas diferentes camadas do perfil, utilizando o método da pipeta, descrito por KILMER & ALEXANDER (1949). Coletou-se também amostras indeformadas para determinação da densidade global do solo, pelo método do anel volumétrico de acordo com BUCKMAN & BRADY (1969).

A curva de retenção de água do solo foi obtida em laboratório com amostras indeformadas, utilizando o funil de placa porosa de Buchner e câmara de

pressão de Richards segundo recomendações de RICHARDS (1949), nas profundidades de 15 e 25 cm.

Na Tabela 1 mostram-se os resultados das análises granulométricas e densidade global, e nas Figuras 1 e 2, tem-se as curvas de retenção de água do solo para as profundidades consideradas.

3.2.3. Caracterização química

Foi determinada através da coleta e análise de amostras do solo, visando avaliar as necessidades nutricionais ou corretivas para o estabelecimento da cultura: matéria orgânica (%), pH (CaCl_2), Fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) Potássio (K^{+}), alumínio (Al^{3+}) e acidez total ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$). Os resultados das análises constam na Tabela 2.

Tabela 1 - Resultados das análises granulométrica (%) e densidade global(g/cm³) do solo da área experimental.

CAMADA (cm)	TEXTURA			DENSIDADE GLOBAL (g / cm ³)
	argila (%)	silte (%)	areia (%)	
0 - 20	54,17	15,52	30,31	1,49
20 - 40	62,36	13,66	23,98	1,32

Tabela 2 - Resultados das análises de algumas características químicas do solo da área experimental.

CAMADA (cm)	pH (CaCl ₂)	M.org (%)	P.resina mg/cm ³	Íons Trocáveis(meq/100 cm ³)				
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al ³⁺
0 - 20	5,2	2,51	6,8	3,56	1,03	0,48	0,15	3,08
20 - 40	5,1	0,72	3,2	3,00	0,83	0,32	0,10	2,82

Figura 1 - Curva característica de retenção da água do solo na profundidade de 15 cm.

Figura 2 - Curva característica de retenção de água do solo na profundidade de 25 cm.

3.3. Cultura

A cultura utilizada foi o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar carioca, utilizando-se sementes básica com 93 % de germinação e 99,9 % de pureza, lote BSB - 082/87 do serviço de produção de sementes básica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Essa cultura foi selecionada devido ao fato de ser autógama e à ocorrência de área cultivada expressiva no Brasil, onde uma das técnicas culturais é a aplicação da adubação de cobertura através da água de irrigação.

3.4. Parcela experimental

A parcela experimental constou de uma área de 64 m² (8m X 8m), na qual foi demarcada na parte central uma área útil de 4m X 4m para coleta de plantas para análise.

Os blocos foram dispostos no sentido de maior comprimento da área em duas faixas, nos quais foram demarcadas ao acaso as parcelas.

Definiu-se aleatoriamente, em cada bloco, uma parcela para instalação dos tensiômetros nas profundidades de 15 e 25 cm.

Na Figura 3 tem-se o esquema do experimento

no campo.

Figura 3 - Esquema do experimento no campo
Esc. 1/1000

3.5. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas no tempo, três tratamentos, cinco repetições, e quatro épocas de coleta de plantas para análise.

Os tratamentos foram os seguintes: tratamento 1 : plantas irrigadas, com aplicação de 13,33 kg de N/ha aos 5 dias após germinação(DAG), sem adubação nitrogenada de cobertura; tratamento 2 : plantas irrigadas, com aplicação de 13,33 kg de N/ha aos 5 dias após germinação(DAG) e com adubação nitrogenada de cobertura de 26,67 kg de N/ha aplicada manualmente sobre o solo e incorporada ao longo da linha de cultura, em uma única dosagem aos 30 DAG; tratamento 3 : plantas irrigadas, com aplicação de 13,33 kg de N/ha aos 5 dias após germinação (DAG), e com adubação nitrogenada de cobertura parcelada em 8,00 kg de N/ha aos 30 DAG, 10,67 kg de N/ha aos 42 DAG e 8,00 kg de N/ha aos 50 DAG.(Tabela 3)

As épocas de amostragens das plantas de cada tratamento foram aos 30 (E1), 42 (E2), 50 (E3) e 60 (E4) dias após germinação.

Tabela 3 : parcelamento do nitrogênio (kg/ha) aplicado nos três tratamentos

DAG a/	tratamento 1			tratamento 2		tratamento 3	
	kg-N/ha	b/ VR%	c/	kg-N/ha	VR%	kg-N/ha	VR%
5	13,33	100		13,33	33,33	13,33	33,30
30				26,67	66,67	8,00	20,00
42						10,67	26,70
50						8,00	20,00
Total	13,33	100		40	100	40	100

a/ Dias após germinação
b/ Parcelamento, em kg/ha
c/ Valor relativo, em %.

3.6. Implantação e condução da cultura

A instalação do experimento no campo teve início em 23 de fevereiro quando se aplicou o herbicida Roundup CS (**Glifosate**) na dosagem de 6 litros por hectare, visando o controle da "Tiririca" (**Cyperus rotundus**). Posteriormente foi realizado o preparo do solo, com aração, gradagem, aplicação e incorporação do herbicida **Trifluralina**, na dosagem de 2,0 litros por hectare. No período de 1 a 3 de abril, foi realizada nova gradagem com enxada rotativa, abertura manual dos sulcos no espaçamento de 0,4 m e adubação. Posteriormente foi executado o tratamento das sementes com Brassicol 75 BR (**Quintozeno**),

na dosagem de 300g/100 kg sementes e Larvin 350 AxF-U (Thiocarb), na dosagem de 50 ml/5 kg sementes. A semeadura foi realizada manualmente com a utilização de régua perfuradas com furos no espaçamento de 7,0 centímetros, permitindo obter uma distribuição uniforme das sementes ao longo dos sulcos (15 sementes/m). A adubação de plantio foi realizada no sulco, com a distribuição manual e incorporação posterior do adubo ao solo. Como fonte de fósforo foi utilizado o superfosfato simples na dosagem de 72 kg/ha de P₂O₅, e como fonte de potássio, o Cloreto de Potássio na dosagem de 20 kg/ha de K₂O (VIEIRA, & SARTORO, 1984).

A adubação nitrogenada de plantio foi realizada com uréia, aplicando 1/3 da quantidade total aos cinco dias após a germinação, correspondente a 13,33 kg de N/ha, para todas as parcelas. Os 2/3 restantes do nitrogênio (26,67 kg de N/ha) foram aplicados aos 30 dias após a germinação, no tratamento convencional, em uma única aplicação, com a distribuição do adubo ao longo da linha de plantio e coberto com solo (MALAVOLTA, 1981; RODRIGUES & KIEHL, 1986; LIBARDI & REICHARDT, 1978). Para aplicação através da água de irrigação, fez-se o parcelamento aplicando 8,0 kg de N/ha aos 30 DAG, 10,67 kg de N/ha aos 42 DAG e 8,0 kg de N/ha aos 50 DAG conforme mostra a Tabela 3. O fracionamento da adubação nitrogenada foi realizado com base nos resultados obtidos por

URQUIAGA, 1982; HAAG e MALAVOLTA, 1967; MALAVOLTA, 1980.

Em 6 de abril foi realizado a primeira irrigação para a germinação das sementes, tendo essa ocorrido no período de 11 a 13 desse mês. Verificou-se nessa ocasião a existência de em média, 10 a 12 plantas por metro linear, dentro da densidade desejada (VIEIRA, 1978), não sendo necessário a realização de desbaste.

O controle de pragas foi realizado preventivamente, com pulverizações semanais, alternando-se o produto Taron Br (Methamidophos), na dosagem de 1,0 l/ha e Azodrin (Monocrotofos), 0,6 l/ha, com a última aplicação aos 40 DAG. Essas aplicações tiveram como objetivo principal, proteger a cultura contra a mosca branca (*Bemisia tabaci*).

O controle de doenças foi realizado com aplicação de Plantivax BR (oxicarboxin) na dosagem de 0,75 kg/ha aos 24 e 32 DAG, e do produto Dithane M-45 (Mancozeb) aos 25,35 e 40 DAG nas dosagens de 2 kg/ha.

A cultura permaneceu livre de plantas daninhas por efeito do herbicida até aos 30 dias após germinação, realizando-se nessa época uma capina geral em toda a área.

3.7. Sistema de Irrigação

3.7.1. Teste do aspersor

A condição básica para a experimentação de campo, dentro do delineamento planejado, foi de utilizar aspersores com pequeno raio de alcance. No período de 27 de janeiro a 4 de fevereiro, foram executados testes de precipitação com vários aspersores, sendo selecionado o aspersor ZA-6 (ASBRASIL), o qual apresentou para a pressão de serviço de 2,2 kgf/cm² e espaçamento de 6 x 6 metros, o coeficiente de uniformidade de CHRISTIANSEN de 91,46%.

Os testes foram realizados nos períodos de 7 às 11 horas e 16 às 18 horas, seguindo recomendações da ASAE (1966), descrito por OLITTA (1987), em área gramada próxima ao Departamento de Engenharia Rural (ESALQ / USP), sendo observando os seguintes parâmetros: (I) Velocidade do vento : 8,25 km/h, sentido predominante : SW; (II) Evaporação : 0,57 mm; (III) Altura das latas de coleta : 30 cm ; (IV) Altura do aspersor : 83 cm (V) Vazão média : 0,818 m³/h; (VI) Raio de alcance : 7,0 m (VII) Precipitação média : 7,83 mm/h; (VIII) Tempo médio de rotação do aspersor : 25,6 segundos.

3.7.2. Irrigação

A aplicação de água foi realizada pelo sistema de aspersão convencional dispondo o equipamento no

campo em 2 linhas fixas, com declividade média de 0,7 %, ao longo das quais foram delimitados os blocos.

A tubulação utilizada foi de alumínio com diâmetro de 4 polegadas. A pressão de serviço foi regulada para cada tubulação através de manômetros instalados no início de cada linha, os quais foram regulados para a pressão desejada através de 2 registros. Os aspersores do tipo ZA-6(ASBRASIL) foram dispostos no campo ao longo das duas linhas de irrigação, utilizando-se o espaçamento de 6 metros entre os mesmos para uma mesma parcela experimental. As áreas úteis de cada parcela experimental ficaram distanciadas entre si de 12 m, com 7 parcelas na linha A e 8 na linha B, correspondente a 14 e 16 aspersores em cada uma, respectivamente(Figura 3).

A primeira irrigação foi realizada aplicando a lâmina bruta de 23 mm em todas as parcelas para germinação das sementes.

O controle de Irrigação foi realizado através de tensiômetros e da relação funcional empírica entre potencial mátrico e umidade do solo (a base de volume) proposta por VAN GENUCHTEN (1980). Realizou-se inicialmente teste das cápsulas porosas, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), com a condutância hidráulica (C) em cm²/s calculada de acordo com LIBARDI (1989).

$$C = \frac{a \cdot \ln [(H1+1033)/(H2+1033)]}{T1 - T2} \quad (1)$$

onde H1 e H2 são as alturas (cm) da coluna de água dentro do tubo de plástico de área a (cm²), relativo aos tempos em minutos no início (T1) e no final (T2) do teste, o qual foi realizado aplicando uma pressão de 1033 cm de água com o auxílio de um compressor, para acelerar o teste. Procedeu-se a seleção das cápsulas de forma que o coeficiente de variação da condutância hidráulica das cápsulas testadas fosse o mínimo. A figura 4 mostra a condutância hidráulica das cápsulas porosas testadas. Os tensiômetros foram confeccionados no laboratório de Física e Meteorologia (ESALQ/USP), e devidamente testados conforme recomendações práticas propostas por LIBARDI (1988).

Os tensiômetros foram instalados nas profundidades de 15 e 25 cm, em uma parcela de cada bloco experimental selecionada ao acaso. Foi definido o potencial mátrico de - 600 cm de água como limite inferior de água disponível (REICHARDT, 1987). Diariamente durante o período de 15 de abril a 26 de junho, foram realizadas as leituras dos tensiômetros, tanque classe A, e pluviômetro, esses dois últimos instalados nas proximidades da área experimental. Semanalmente procedeu-se a troca da água no tanque classe A e fluxagem dos tensiômetros.

Figura 4- Condutância hidráulica das cápsulas porosas.
cápsulas 3,4,8,9,12,16,18,26,28,e 29 foram seleccionadas.

3.7.3. Fertirrigação

O fertilizante nitrogenado foi introduzido na rede de irrigação através de injetor de solução fertilizante **ASBRASIL**, de funcionamento hidráulico. Preliminarmente fez-se a diluição da uréia (1.230 g/l, a 25 °C) na água, em tanque com capacidade de 0,25 m³, de onde essa solução foi "succionada" para posterior injeção. O volume injetado foi regulado no registro de controle da admissão de água para acionamento, com o pistão tendo a capacidade de injeção de 0,5 litros/percurso. O cálculo da fertirrigação foi realizado através da expressão:

$$QFT = (CDS \cdot VA \cdot VT) / (CIB \cdot PPNF) \quad (2)$$

onde:

QFT = Quantidade de fertilizante sólido a ser colocado no tanque;

CDS = Concentração desejada da solução na saída dos aspersores;

VA = Volume a ser aplicado;

VT = volume do tanque a ser injetado;

CIB = Capacidade de injeção da bomba injetora;

PNF = Porcentagem do nutriente no fertilizante.

No dia 13 de maio, 30 dias após a germinação da cultura, realizou-se a irrigação de 10 parcelas dos

tratamentos testemunha e adubação convencional, com aplicação da lâmina bruta de 7,8 mm. O tratamento fertirrigação foi realizado aplicando-se inicialmente uma lâmina bruta de água de 1,9 mm (tempo de irrigação = 15 minutos) e posterior aplicação de uma lâmina bruta da solução fertilizante (água + nitrogênio) de 3,9 mm, correspondente aos tempos de fertirrigação de 30 minutos. Após a fertirrigação fez-se novamente a aplicação de uma lâmina bruta de 1,9 mm, equivalente ao tempo de irrigação de 15 minutos, visando garantir a aplicação total do nutriente introduzido na tubulação e limpeza dos componentes desse sistema. (COSTA, 1988)

Nos dias 25 e 2 dos meses de maio e junho, correspondente a 42 e 50 dias após a germinação, respectivamente, deu-se continuidade aos tratamentos. Inicialmente fez-se a irrigação de 10 parcelas com uma lâmina bruta de 5,2mm dos tratamentos testemunha e adubação convencional em cada época. Para o tratamento fertirrigação fez-se também para cada época a aplicação de uma lâmina bruta de 0,6 mm (tempo de irrigação = 5 minutos), e aplicação de uma lâmina bruta de solução fertilizante de 2,6 mm (tempo de fertirrigação = 20 minutos) e posterior irrigação, com aplicação de uma lâmina bruta de 1,9 mm (tempo de irrigação = 15 minutos), perfazendo uma lâmina total aplicada de 5,2 mm.

3.8. Análise do material vegetal

Foram realizadas amostragens das plantas de todas as parcelas. As plantas foram coletadas ao acaso na área útil da parcela experimental, sendo retirado 8 plantas em cada parcela, duas em cada fileira de plantas. O material colhido foi inicialmente lavado com água potável, e depois com água destilada. A seguir as plantas foram colocadas em sacos de papel e encaminhadas à seção de Bioquímica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/ESALQ) para análise. No laboratório, os tecidos foram colocados em estufa a 60 C até peso constante (72 horas), sendo posteriormente pesados e moidos, até passarem por peneira de 60 mesh. Nessas amostras foram determinados o peso da matéria seca e a porcentagem de nitrogênio total.

3.8.1. Análise do nitrogênio total na planta

A digestão "sulfúrica" foi realizada em uma amostra de 100 mg de material coletado, utilizando-se a seguinte mistura: 1 grama de selenito de sódio anidro + 21,39 gramas de sulfato de sódio + 4 gramas de sulfato de cobre + 200 ml de ácido sulfúrico concentrado + 175 ml de água destilada. A digestão foi realizada em tubos do tipo kjeldahl, contendo 7 ml de solução digestora, até obtenção de um extrato incolor. A destilação e as dosagens foram

feitas pelo método volumétrico de kjeldahl descrito por JORGENSEN (1977).

As quantidades de nitrogênio total extraídas pelas plantas nas diferentes épocas do seu desenvolvimento, foram calculadas pela seguinte expressão:

$$QNTN = (\% NTP \cdot MVS) / 100 \quad (3)$$

sendo:

$QNTN$ = Quantidade de nitrogênio total na planta, em kg/ha;

$\%NTP$ = Porcentagem de nitrogênio total na planta;

MVS = Rendimento do material vegetal seco, em kg/ha.

3.9. Colheita

Aos 87 dias após germinação, efetuou-se a colheita manual das plantas para avaliação da produtividade, fazendo-se a determinação da quantidade de plantas em cada uma das parcelas experimentais. Os grãos foram armazenados em câmara seca do laboratório de sementes da ESALQ, e nos dias 5 e 8 do mês de setembro foi determinado a umidade de cada amostra, sendo a porcentagem de água em base úmida obtida pela expressão:

$$U = (m_a \cdot 100) / m_i \quad (4)$$

Onde:

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

m_a = Massa da água evaporada;

m_i = Massa inicial da amostra.

Para a correção da umidade dos grãos para 13 % foi utilizado a seguinte expressão:

$$P_f = [P_i.(100 - U)]/(100 - U_f) \quad (5)$$

Onde:

P_f = Massa final dos grãos;

P_i = Massa inicial dos grãos;

U = Teor inicial de água na semente (%) em base úmida;

U_f = Teor final de água na semente (%) em base seca.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Potencial mátrico da água no solo

Os valores do potencial mátrico observados durante o ciclo da cultura para as profundidades de 15 e 25 cm, se encontram nas tabelas 4 e 5, e sua representação gráfica para os diversos blocos, nas figuras 5 a 14. Os valores de temperatura do ar, precipitação, irrigação, evaporação do tanque classe A, evapotranspiração de referência e a evapotranspiração máxima da cultura, encontram-se nas figuras 15, 16, 17, 18, 19 e 20, respectivamente.

Verifica-se que após o plantio, ocorreu na área experimental uma precipitação total de 47,6 mm, contribuindo assim para suprir a capacidade de armazenamento de água no solo, avaliada em 42,3 mm até a profundidade de 40 cm. No segundo dia após a germinação, o potencial mátrico da água do solo na profundidade de 15 cm foi igual ou superior a -27,9 cm de água, permanecendo o solo até aos 30 dias após germinação com alta umidade, ou seja, com potencial mátrico superior ao limite inferior definido para reposição de água ao solo

(-600 cm de água). Nessa época o maior valor de potencial mátrico observado foi de -461,9 cm de água, sendo iniciado os diferentes tratamentos com aplicação de uma lâmina bruta (h) de água de 7,8 mm, calculada pela seguinte expressão:

$$h = [(\theta_{cc} - \theta) \cdot Z] / E_i \quad (6)$$

onde:

θ_{cc} = Umidade volumétrica correspondente ao potencial mátrico de -100 cm de água assumido como "capacidade de campo", para a profundidade de 25 cm;

Z = Profundidade efetiva do sistema radicular aos 30 DAG (25cm);

E_i = Eficiência de irrigação (91%);

θ = Umidade volumétrica (cm³/cm³) no exato instante da irrigação, estimada a partir da curva de retenção ajustada pelo modelo de VAN GENUCHTEN (1980), para a profundidade efetiva do sistema radicular.

Durante a irrigação dos tratamentos testemunha e adubação convencional ocorreu uma precipitação de 7,4 mm, a qual elevou a lâmina aplicada para 15,2 mm, acima portanto da capacidade de armazenamento de água do solo, sendo considerado o potencial mátrico de -100 cm de água como limite superior de água disponível. No período de 31 a 42 DAG a precipitação observada foi de 44,9 mm, sendo que nessa última data o potencial mátrico na

profundidade de 25 cm foi igual ou superior a -38,1 cm de água indicando a não necessidade de irrigação. Devido ao tratamento com nitrogênio através da água de irrigação, fez-se a aplicação de uma lâmina bruta de 5,2 mm em todas as parcelas. Nessa data, verificou-se também uma precipitação de 4,33 mm, elevando a lâmina aplicada para 9,53 mm. Observa-se também que no período de 43 a 50 DAG, ocorreu uma precipitação de 23,33 mm e que aos 50 dias após germinação, o potencial mátrico da água no solo foi igual ou superior a -26,8 cm de água na profundidade de 25 cm, representando portanto uma alta umidade no solo. Devido ao tratamento com nitrogênio aplicado através da água de irrigação, fez-se novamente a aplicação de uma lâmina bruta de 5,2 mm nos diferentes tratamentos. Observa-se que somente aos 30 dias após a germinação os tensiômetros indicaram a necessidade de irrigação, e que o potencial médio da solução do solo observado durante o ciclo da cultura foi de -65,3 e -63,2 cm de água para as profundidades de 15 e 25 cm respectivamente, não limitando o desenvolvimento máximo da cultura, uma vez que também não foram observados nas plantas, sintomas de aeração deficiente do sistema radicular. Verifica-se também que para períodos de 3 a 9 dias após a ocorrência de chuvas ou irrigações, o potencial mátrico na profundidade de 25 cm foi em média de -42,0 cm de água, com limites superior e inferior de -243,0 e -1,0 cm de água, respectivamente,

indicando que na utilização do conceito de água disponível, o qual é muito útil para a prática de irrigação, poderia ser adotado o valor de -50 cm de água como limite superior de disponibilidade de água, para o solo da área experimental.

Tabela 4 - Valores do potencial mátrico (cm de água) na profundidade de 15 cm

	PM	PM	PM	PM	PM		PM	PM	PM	PM	PM
	T1	T2	T3	T4	T5		T1	T2	T3	T4	T5
DAG						DAG					
2	-7.5	-27.9	-14.7	-10.8	-10.3	39	-42.8	-55.6	-33.6	-37.2	-46.8
3	-25.1	-36.7	-28.6	-28.4	-39.3	40	-11.3	-37.9	-13.4	-4.5	-27.9
4	-36.5	-45.5	-39.9	-39.7	-51.9	41	-12.5	-39.2	-16.0	-14.5	-27.9
5	-13.8	-25.3	-16.0	-13.3	-27.9	42	-21.4	-40.5	-22.3	-25.9	-34.2
6	-27.7	-37.9	-29.8	-30.9	-39.3	43	-10.0	-31.6	-16.0	-15.8	-44.3
7	-15.1	-31.6	-13.4	-13.3	-27.9	44	-17.6	-32.9	-21.0	-22.1	-40.5
8	-18.8	-34.2	-23.5	-23.4	-30.5	45	-21.4	-37.9	-24.8	-25.9	-34.2
9	-25.1	-39.2	-27.3	-33.4	-41.8	46	-30.2	-45.5	-28.6	-33.4	-40.5
10	-8.8	-40.5	-32.3	-37.2	-50.6	47	-36.5	-50.5	-32.3	-36.0	-43.1
11	-35.2	-46.8	-38.6	-38.5	-58.2	48	-3.7	-25.3	-8.4	-4.5	-17.9
12	-44.0	-53.1	-44.9	-43.5	-74.6	49	-3.7	-24.1	-9.7	-8.2	-20.4
13	-60.4	-64.4	-55.0	-56.1	-26.7	50	-17.6	-32.9	-19.7	-22.1	-30.5
14	-7.5	-30.4	-16.0	-10.8	-29.2	51	-27.7	-39.2	-26.0	-29.7	-38.0
15	-18.8	-31.6	-14.7	-10.8	-45.6	52	-11.3	-30.4	-10.9	-20.8	-33.0
16	-34.0	-41.7	-32.3	-32.2	-39.3	53	-2.5	-22.8	-8.4	-1.9	-19.1
17	-36.5	-45.5	-23.5	-14.5	-40.5	54	-30.2	-31.6	-16.0	-22.1	-29.2
18	-36.5	-46.8	-31.1	-27.1	-49.4	55	-26.4	-39.2	-27.3	-30.9	-39.3
19	-46.6	-50.5	-38.6	-25.9	-62.0	56	-32.7	-40.5	-26.0	-32.2	-39.3
20	-64.2	-61.9	-46.2	-13.3	-41.8	57	-40.3	-48.0	-32.3	-38.5	-46.8
21	-27.7	-51.8	-16.0	-9.5	-26.7	58	-56.6	-54.3	-36.1	-19.6	-54.4
22	-37.7	-51.8	-27.3	-27.1	-38.0	59	-146.1	-63.1	-44.9	-14.5	-84.6
23	-34.0	-53.1	-17.2	-14.5	-29.2	60	-147.4	-64.4	-48.7	-13.3	-89.7
24	-42.8	-55.6	-27.3	-29.7	-38.0	61	-147.4	-77.0	-55.0	-12.0	-103.5
25	-51.6	-60.6	-33.6	-39.7	-45.6	62	-186.4	-65.7	-36.1	-0.7	-94.7
26	-65.5	-69.4	-39.9	-42.3	-58.2	63	-216.7	-53.1	-14.7	-0.7	-82.1
27	-102.0	-79.5	-48.7	-43.5	-69.5	64	-102.0	-51.8	-21.0	-10.8	-29.2
28	-151.1	-102.2	-63.8	-15.8	-92.2	65	-32.7	-45.5	-17.2	-0.7	-39.3
29	-258.2	-146.3	-72.7	-17.1	-142.6	66	-47.8	-54.3	-23.5	-1.9	-48.1
30	-461.1	-229.5	-97.9	-22.1	-229.5	67	-68.0	-64.4	-28.6	-3.2	-60.7
31	-220.4	-152.6	-10.9	-7.0	-68.3	68	-73.0	-74.5	-32.3	-3.2	-65.7
32	-10.0	-74.5	-21.0	-18.3	-14.1	69	-118.4	-79.5	-43.7	-1.9	-93.5
33	-17.6	-80.8	-28.6	-32.2	-30.5	70	-144.8	-84.6	-47.5	-0.7	-112.4
34	-39.0	-104.7	-37.4	-5.7	-41.8	71	-209.1	-89.6	-52.5	-14.5	-150.2
35	-60.4	-132.4	-42.4	-8.2	-49.4	72	-277.1	-109.8	-67.6	-15.8	-203.1
36	-8.8	-32.9	-13.4	-5.7	-22.9	73	-410.7	-131.2	-68.9	-97.7	-306.4
37	-18.8	-41.7	-22.3	-18.3	-33.0	74	-526.6	-153.9	-121.8	-15.8	-440.0
38	-32.7	-48.0	-29.8	-32.2	-41.8						

PM = potencial mátrico

DAG = dias após germinação

T = tensiômetro

Tabela 5 - Valores do potencial mátrico (cm de água) na profundidade de 25 cm

	PM	PM	PM	PM	PM		PM	PM	PM	PM	PM
	T1	T2	T3	T4	T5		T1	T2	T3	T4	T5
DAG						DAG					
2	-8.8	-20.4	-13.5	-17.1	-9.1	39	-25.2	-46.8	-22.3	-32.3	-40.6
3	-22.7	-34.2	-27.4	-37.3	-41.9	40	-20.2	-40.5	-19.8	-22.2	-34.3
4	-21.4	-30.5	-26.1	-29.7	-33.1	41	-18.9	-29.2	-9.7	-23.4	-36.8
5	-12.6	-16.6	-13.5	-22.2	-25.5	42	-18.9	-35.5	-17.3	-28.5	-38.1
6	-17.7	-29.2	-23.6	-31.0	-28.0	43	-12.6	-27.9	-9.7	-19.7	-16.7
7	-13.9	-17.9	-13.5	-23.4	-31.8	44	-15.1	-27.9	-9.7	-12.1	-25.5
8	-13.9	-25.4	-21.1	-27.2	-28.0	45	-18.9	-27.9	-11.0	-8.3	-33.1
9	-20.2	-38.0	-24.9	-29.7	-31.8	46	-22.7	-35.5	-19.8	-22.2	-38.1
10	-25.2	-30.5	-26.1	-33.5	-34.3	47	-24.0	-41.8	-22.3	-27.2	-41.9
11	-25.2	-36.8	-27.4	-36.0	-34.3	48	-11.4	-17.9	-3.4	-22.2	-24.2
12	-27.7	-40.5	-31.2	-37.3	-43.1	49	-2.5	-16.6	-4.7	-8.3	-15.4
13	-32.8	-46.8	-32.4	-39.8	-53.2	50	-11.4	-25.4	-12.3	-18.4	-26.8
14	-15.1	-21.6	-14.8	-17.1	-26.8	51	-17.7	-34.2	-16.0	-17.1	-30.5
15	-17.7	-24.2	-12.3	-19.7	-25.5	52	-13.9	-39.3	-6.0	-24.7	-33.1
16	-29.0	-31.7	-23.6	-32.3	-38.1	53	-7.6	-16.6	-0.9	-7.1	-15.4
17	-22.7	-36.8	-16.0	-26.0	-41.9	54	-12.6	-25.4	-11.0	-17.1	-25.5
18	-24.0	-36.8	-22.3	-28.5	-34.3	55	-22.7	-30.5	-16.0	-29.7	-38.1
19	-30.3	-40.5	-26.1	-32.3	-33.1	56	-16.4	-34.2	-16.0	-13.4	-29.3
20	-31.5	-45.6	-31.2	-37.3	-46.9	57	-27.7	-39.3	-18.6	-34.8	-54.5
21	-20.2	-41.8	-14.8	-20.9	-30.5	58	-31.5	-45.6	-19.8	-37.3	-46.9
22	-25.2	-36.8	-21.1	-27.2	-34.3	59	-35.3	-62.0	-23.6	-47.4	-55.7
23	-27.7	-43.1	-16.0	-22.2	-31.8	60	-37.8	-65.7	-23.6	-47.4	-63.3
24	-31.5	-43.1	-23.6	-28.5	-36.8	61	-42.9	-68.3	-23.6	-47.4	-80.9
25	-35.3	-48.1	-24.9	-33.5	-43.1	62	-45.4	-67.0	-11.0	-49.9	-82.2
26	-34.0	-53.1	-26.1	-36.0	-43.1	63	-47.9	-67.0	-8.5	-54.9	-103.6
27	-41.6	-59.4	-31.2	-39.8	-50.7	64	-49.2	-63.2	-6.0	-53.7	-99.8
28	-46.6	-73.3	-34.9	-43.6	-59.5	65	-41.6	-64.5	-7.2	-33.5	-92.3
29	-45.4	-94.7	-34.9	-43.6	-59.5	66	-42.9	-67.0	-9.7	-38.6	-94.8
30	-54.2	-135.0	-33.7	-51.2	-73.4	67	-49.2	-72.0	-11.0	-44.9	-106.1
31	-54.2	-98.5	-11.0	-27.2	-83.5	68	-51.7	-79.6	-17.3	-49.9	-113.7
32	-18.9	-54.4	-14.8	-27.2	-29.3	69	-52.9	-87.2	-18.6	-62.5	-125.0
33	-11.4	-56.9	-18.6	-28.5	-24.2	70	-54.2	-93.5	-27.4	-63.8	-137.6
34	-25.2	-78.3	-24.9	-36.0	-38.1	71	-47.9	-104.8	-19.8	-66.3	-147.7
35	-27.7	-104.8	-32.4	-38.6	-40.6	72	-66.3	-117.4	-16.0	-78.9	-183.0
36	-15.1	-20.4	-8.5	-20.9	-28.0	73	-76.9	-142.6	-92.9	-34.8	-243.5
37	-18.9	-30.5	-16.0	-26.0	-31.8	74	-88.2	-167.8	-36.2	-112.9	-302.7
38	-22.7	-38.0	-19.8	-31.0	-36.8						

PM = potencial mátrico DAG = dias após germinação T = tensiômetro

Figura 5 - Representação gráfica da variação do potencial matricial (cm de água) no bloco 1, profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura .

Figura 6 - Representação gráfica da variação do potencial matricial (cm de água) no bloco 2, profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 7 - Representação gráfica da variação do potencial matricial (cm de água) no bloco 3, profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 8 - Representação gráfica da variação do potencial matricial (cm de água) no bloco 4, profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 9 - Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 5, profundidade de 15 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 10 - Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 1, profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 11 - Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 2, profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 12 - Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 3, profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 13 - Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 4, profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 14 - Representação gráfica da variação do potencial mátrico (cm de água) no bloco 5, profundidade de 25 cm, durante o ciclo da cultura

Figura 15 - Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) ocorrida na área experimental, durante o ciclo da cultura

Figura 16 - Precipitação (mm) ocorrida na área experimental, durante o ciclo da cultura

Figura 17 - Irrigação (mm) efetuada na área experimental, durante o ciclo da cultura

Figura 18 - Evaporação do tanque classe A (mm) ocorrida na área experimental, durante o ciclo da cultura

Figura 19 - Média de 5 dias da evapotranspiração (mm) da cultura de referência pelo tanque classe A, ocorrida na área experimental, no ciclo da cultura.

Figura 20 - Média de 5 dias da evapotranspiração máxima (mm) estimada da cultura, em seu ciclo, ocorrida na área experimental.

4.2. Rendimento da matéria seca

O rendimento da matéria seca do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por efeito da adubação nitrogenada com as respectivas análises estatísticas são apresentadas nas Tabelas 6 e 7, e a representação gráfica do acúmulo de matéria seca se encontra na Figura 21.

Através da análise de variância verificaram-se diferenças estatística entre os tratamentos para acúmulo de matéria seca, ao nível de significância de 2,1%. Observa-se também que a interação tratamento X épocas de análise foi significativa a 1,15% de probabilidade, indicando a ocorrência de diferença entre os tratamentos, em cada época de desenvolvimento da cultura. Através das análises para médias de tratamentos observa-se que aos 30 e 42 dias após a germinação não ocorreu diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade entre os tratamentos, o que permite inferir que no período de 30 a 42 dias após a germinação, a produção de matéria seca não foi influenciada pelos diferentes tratamentos, indicando que o nível do nitrogênio no solo, foi suficiente para atender as necessidades das plantas.

Para a época E3 (50 DAG), os tratamentos adubação nitrogenada convencional e fertirrigação, não diferiram ao nível de 5 % de probabilidade, mas a aplicação de nitrogênio através da água de irrigação foi

significativa a esse nível de probabilidade em relação ao tratamento testemunha, indicando que a fertirrigação realizada aos 42 dias após a germinação favoreceu o acúmulo de matéria seca na planta.

Na época E4 (60 DAG) foi observada diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade entre os tratamentos, indicando uma resposta favorável à adubação nitrogenada, tanto para a aplicação convencional como para a fertirrigação. Observa-se também que a aplicação de nitrogênio aos 50 dias após germinação, época inicial de formação das vagens, favoreceu um maior peso da matéria seca no tratamento fertirrigação, indicando que o parcelamento através da fertirrigação propiciou uma maior aproveitamento do fertilizante nitrogenado. Esses resultados apresentam coerência com aqueles obtidos por MEIRELLES (1980) e URQUIAGA (1982), onde se observa que a aplicação parcelada propiciou uma maior eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado.

Em relação a adubação nitrogenada convencional, tem-se que mesmo ocorrendo condições favoráveis à lixiviação como indica as leituras dos tensiômetros nas Tabelas 4 e 5, a mesma foi restrita, devido a textura fina do solo (CALDWELL, 1977), possibilitando assim uma resposta favorável no aumento da matéria seca em relação ao tratamento testemunha.

De acordo com as análises, pode-se também

inferir que, mesmo o solo apresentando um alto conteúdo de matéria orgânica, isso não representou uma alta disponibilidade de nitrogênio às plantas nessa época, devido ao menor acúmulo de matéria seca do tratamento testemunha, concordando portanto com MEIRELLES (1980), para o qual, alto conteúdo de matéria orgânica no solo pode não representar disponibilidade suficiente de nitrogênio para períodos de maior necessidade da cultura.

Verifica-se também pelas médias de épocas, que para o tratamento fertirrigação, ocorreu o maior acúmulo de matéria seca aos 60 DAG (1,976 t/ha), o que permite deduzir que o parcelamento do nitrogênio com aplicação através da água de irrigação aos 50 DAG melhor favoreceu o acúmulo da matéria seca na planta. Para a adubação nitrogenada convencional tem-se que o acúmulo de matéria seca na planta foi mais expressivo nos períodos de 42 a 50 DAG (1,162 t/ha) e 50 a 60 DAG (1,192 t/ha), ocorrendo no período de 30 a 42 DAG o acúmulo de 0,78 t/ha.

No caso do tratamento testemunha tem-se a ocorrência de maior acúmulo de matéria seca nos períodos de 30 a 42 DAG (0,835 t/ha) e 50 a 60 DAG (0,942 t/ha), sendo que para o período de 42 a 50 DAG o acúmulo de matéria seca foi de 0,41 t/ha.

Tabela 6 - Análise estatística do rendimento da matéria seca (t/ha) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por efeito da adubação nitrogenada

Quadro de análise de variancia

Causas de variacao	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob.>F
Blocos	4	3.4164			
Tratamentos	2	6.3497	3.1749	6.5315	0.02076
Residuo (A)	8	3.8887	0.4861		
Parcelas	14	13.6545			
Epocas	3	75.7846	25.2615	105.9948	0.00001
Tratamentos * Epocas	6	4.6717	0.7786	3.2670	0.01147
Residuo (B)	36	8.5798	0.2383		
Total	59	102.6907			

Coefficiente de variacao para tratamentos = 15.201

Coefficiente de variacao para epocas = 21.288

Teste de tukey para medias de tratamentos

Num.orden	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	3	Fertirrigacao	20	2.6714	a	A
2	2	Ad.convencional	20	2.3312	ab	A
3	1	Testemunha	20	1.8730	b	A

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nivel de significancia indicado
DMS 1% = 0.8793   DMS 5% = 0.6298

Teste de tukey para medias de tratamentos dentro de E1 do fator epocas

Num.orden	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	3	Fertirrigacao	5	1.0160	a	A
2	2	Ad.convencional	5	0.8632	a	A
3	1	Testemunha	5	0.8090	a	A

Tabela 6 - Análise estatística do rendimento da matéria seca (t/ha) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por efeito da adubação nitrogenada

Teste de tukey para médias de tratamentos
dentro de E2 do fator épocas

Num.orden	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Médias	5%	1%
1	3	Fertirrigação	5	1.9716	a	A
2	1	Testemunha	5	1.6512	a	A
3	2	Ad.convencional	5	1.6436	a	A

Teste de tukey para médias de tratamentos
dentro de E3 do fator épocas

Num.orden	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Médias	5%	1%
1	3	Fertirrigação	5	2.8612	a	A
2	2	Ad.convencional	5	2.8128	ab	A
3	1	Testemunha	5	2.0534	b	A

Teste de tukey para médias de tratamentos
dentro de E4 do fator épocas

Num.orden	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Médias	5%	1%
1	3	Fertirrigação	5	4.9370	a	A
2	2	Ad.convencional	5	4.0050	b	A
3	1	Testemunha	5	2.9956	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado
DMS 1% = 0.9950   DMS 5% = 0.7730

Tabela 7 - Rendimento da matéria seca (t/ha) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) em quatro épocas do ciclo da cultura, por efeito da adubação nitrogenada

Tratamentos	Épocas	B1	B2	B3	B4	B5	Media
Testemunha	E1	0.840	0.699	0.714	0.758	1.034	0.809
	E2	1.580	1.648	1.466	1.923	1.639	1.651
	E3	1.694	2.053	2.170	2.319	2.031	2.053
	E4	1.883	3.592	2.781	3.119	3.603	2.996
Adubação Convencional	E1	0.829	0.672	0.928	0.683	1.204	0.863
	E2	1.204	1.580	1.552	1.959	1.923	1.644
	E3	2.741	2.900	2.799	1.966	3.658	2.813
	E4	3.164	3.304	4.364	3.313	5.880	4.005
Fertirrigação	E1	1.073	0.706	1.265	1.145	0.891	1.016
	E2	1.967	1.552	1.959	2.382	1.998	1.972
	E3	2.771	2.198	3.247	2.916	3.174	2.861
	E4	3.477	4.882	6.485	5.030	4.311	4.837

E= época B= bloco

Figura 21 - Representação gráfica do acúmulo de matéria seca do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

4.3. Nitrogênio na planta

A quantidade de nitrogênio absorvida pelas plantas da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) por efeito da adubação nitrogenada com as respectivas análises estatísticas são apresentadas nas Tabelas 8 e 9, assim como a representação gráfica da quantidade de nitrogênio absorvida encontra-se na Figura 22.

Inicialmente, observa-se que a adubação nitrogenada incrementou significativamente a quantidade de nitrogênio absorvida pela planta ao nível de significância de 4,2%, e que a interação tratamento X épocas de análise também apresentou diferença significativa ao nível de 1,72 % de probabilidade.

Os dados mostram que para as épocas E1 (30 DAG) e E2 (42 DAG) não ocorreu diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade para as quantidades de nitrogênio absorvidas nos diferentes tratamentos. Esse fato permite inferir que no período de 30 a 42 DAG, o nitrogênio fornecido pelo solo foi suficiente para atender as necessidades das plantas, provavelmente por efeito da menor demanda de nitrogênio pelas plantas nesse período.

Para as épocas E3 (50 DAG) e E4 (60 DAG) não foi observada diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade, para as quantidades de nitrogênio absorvida, entre os tratamentos adubação nitrogenada

convencional e fertirrigação. Contudo ocorreu uma menor absorção de nitrogênio para a testemunha, concordando com os resultados obtidos por URQUIAGA (1982), para o qual a maior exigência de nitrogênio pelas plantas ocorreu no período de 46 a 66 DAG.

Dessa maneira, entende-se que no período de 42 a 60 DAG ocorreu uma menor liberação de nitrogênio pelo solo através da degradação da matéria orgânica, limitando a absorção desse elemento a 80,15 kg/ha no tratamento testemunha. Pelas quantidades de nitrogênio absorvida pelos tratamentos fertirrigação (134,82 kg/ha) e adubação nitrogenada convencional (110,74 kg/ha), verifica-se que a maior porcentagem de nitrogênio absorvida foi proveniente do solo, e que as quantidades de nitrogênio absorvida estão dentro da faixa normal de absorção de nitrogênio pelo feijoeiro, a qual varia de 80 a 250 kg/ha para solos com teores médios de nitrogênio e/ou adubados com esse nutriente, sendo a mesma dependente do cultivar, densidade das plantas e manejo da cultura (NEPTUNE & MURAOKA, 1978; MEIRELLES et alii, 1980).

Verifica-se também para as médias de épocas que das três aplicações de nitrogênio através da água, aquelas realizadas aos 42 e 50 DAG apresentaram-se com maior efeito para a absorção do nitrogênio fertilizante. Enquanto no período de 30 a 42 DAG ocorreu a absorção de 21,95 kg de N/ha, para os períodos de 42 a 50 e 50 a 60

DAG, as quantidades de nitrogênio absorvidas foram de 31,04 e 43,2 kg de N/ha, respectivamente.

No caso da adubação nitrogenada convencional obteve-se uma maior quantidade de nitrogênio absorvida para o período de 30 a 42 DAG (38,51 kg de N/ha), representando para esse período um maior aproveitamento do N aplicado. Para as épocas posteriores, o nível de absorção do nitrogênio foi menor, sendo que no período de 42 a 50 DAG foi absorvido 16,29 kg de N/ha e 20,69 kg de N/ha para o período de 50 a 60 DAG. Para a testemunha observa-se que no período de 30 a 42 DAG, ocorreu a maior absorção de nitrogênio, correspondente a 22,94 kg de N/ha, seguida de 4,98 kg de N/ha para o período de 42 a 50 DAG, e por último 19,93 kg de N/ha (50 a 60 DAG), o que demonstra a variação na disponibilidade de nitrogênio do solo às plantas.

Tabela 8 - Análise estatística da quantidade de nitrogênio absorvida pelo de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

Quadro de análise de variancia

Causas de variacao	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob.>F
Blocos	4	5182,7497			
Tratamentos	2	6879,3719	3439,6860	4,8280	0,0417
Resíduo (A)	8	5699,5608	712,4451		
Parcelas	14	17761,6824			
Epocas	3	42443,9027	14147,9675	53,6038	0,00001
Tratamentos * Epocas	6	4766,7662	794,4610	3,0101	0,01719
Resíduo (B)	36	9501,6952	263,9360		
Total	59	74474,0465			

Coefficiente de variacao para tratamentos = 18,55Q.

Coefficiente de variacao para epocas = 22,581.

Teste de tukey para medias de tratamentos

Num.orden	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	3	Fertirrigacao	20	81,4120	a	A
2	2	Ad.convencional	20	77,4485	ab	A
3	1	Testemunha	20	56,9765	b	A

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nivel de significancia indicado

DMS 1% = 33,6620

DMS 5% = 24,1125

Teste de tukey para medias de tratamentos
dentro de E1 do fator epocas

Num.orden	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	3	Fertirrigacao	5	38,6260	a	A
2	2	Ad.convencional	5	35,2480	a	A
3	1	Testemunha	5	32,2980	a	A

Tabela 8 - Análise estatística da quantidade de nitrogênio absorvida pelo de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

teste de tukey para medias de tratamentos
dentro de E2 do fator epocas

Num.ordem	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	2	Ad.convencional	5	73.7580	a	A
2	3	Fertirrigacao	5	60.5820	a	A
3	1	Testemunha	5	55.2380	a	A

Teste de tukey para medias de tratamentos
dentro de E3 do fator epocas

Num.ordem	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	3	Fertirrigacao	5	91.6220	a	A
2	2	Ad.convencional	5	90.0460	a	A
3	1	Testemunha	5	60.2220	b	A

Teste de tukey para medias de tratamentos
dentro de E4 do fator epocas

Num.ordem	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	3	Fertirrigacao	5	134.8180	a	A
2	2	Ad.convencional	5	110.7420	a	AB
3	1	Testemunha	5	80.1480	b	B

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nivel de significancia indicado
DMS 1% = 36.3629 DMS 5% = 28.0941

Tabela 9 - Quantidade de nitrogênio absorvida (kg/ha) pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em quatro épocas do ciclo da cultura por efeito da adubação nitrogenada

Tratamentos	Épocas	B1	B2	B3	B4	B5	Media
Testemunha	E1	37.630	29.840	23.350	29.320	41.350	32.298
	E2	57.180	49.950	48.230	62.320	58.510	55.238
	E3	44.560	61.400	53.370	75.360	66.420	60.222
	E4	51.230	87.170	69.820	90.750	101.770	80.148
Adubação Convencional	E1	33.250	27.400	38.680	31.870	45.040	35.248
	E2	51.310	77.690	72.410	56.850	110.530	73.758
	E3	98.110	79.470	88.740	59.170	124.740	90.046
	E4	93.430	99.090	111.880	87.660	161.650	110.742
Fertirrigação	E1	39.370	22.720	55.150	38.480	37.410	38.626
	E2	73.180	39.410	61.110	73.850	55.360	60.582
	E3	85.080	66.580	102.930	70.860	132.660	91.622
	E4	96.520	131.630	195.590	130.430	119.920	134.818

E = época   B = bloco

Figura 22 - Representação gráfica da quantidade de nitrogênio absorvida pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

4.4. Rendimento de grãos

O rendimento de grãos do feijoeiro por efeito da adubação nitrogenada com as respectivas análises estatísticas são apresentadas nas Tabelas 10 e 11.

Verifica-se pela análise de variância a existência de diferença entre os tratamentos, ao nível de significância de 1,85%, para o rendimento de grãos do feijoeiro. Através do teste de Tukey para médias de tratamentos observa-se que não ocorreu diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade entre os tratamentos fertirrigação e adubação nitrogenada convencional, mas os mesmos apresentaram diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade em relação ao tratamento testemunha. A adubação nitrogenada incrementou a produção de grãos em 36,09 e 31,07 % para a fertirrigação e a adubação nitrogenada convencional, respectivamente, em relação a testemunha.

A não ocorrência de diferença na produção de grãos nesses tratamentos, permite-nos inferir que as perdas de nitrogênio aplicado através da adubação convencional foram restritas, indicando que a textura fina do solo limitou as perdas por lixiviação, associado a existência do horizonte B textural. Esses resultados estão de acordo com HAGIN & TACKER(1892); VAN RAIJ(1981); VAN RAIJ(1986); REHM & WIESE(1975).

Dentre os benefícios da fertirrigação citados por COSTA (1988); MARCHETTI(1985); FRIZZONE(1984); CALDWELL et alli(1977); DOWLER et alli(1985); ARSCOTT(1970); somente alguns apresentaram maior significado nessa experimentação, os quais envolveram: economia de mão-de-obra e maquinaria, distribuição mais uniforme do fertilizante, simplificação das práticas culturais, maior facilidade de aplicação do fertilizante, menor dano físico ao solo e a cultura. Dessa maneira entende-se que mesmo não ocorrendo diferença na produção de grãos, a fertirrigação apresentou-se como uma técnica promissora, a qual poderá contribuir para uma maior viabilidade da agricultura irrigada, principalmente em grandes áreas. Para tanto é conveniente a realização de outras pesquisas envolvendo as diferentes culturas, tipos de solos e nutrientes, visando uma melhor caracterização dessa técnica.

Tabela 10 - Análise estatística do rendimento de grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

Quadro de análise de variancia

Causas de variacao	G.L	S.Q	Q.M	Valor F	Prob.>F
Blocos	4	249828.4000			
Tratamentos	2	212766.2666	124914.2000	6.8409	0.01854
Residuo	8	146078.9333	18259.8666		
Total	14	608673.6000			

Coefficiente de variacao = 13.655 %

Media geral = 989.600

Teste de tukey para medias de tratamentos

Num.ordem	Num.trat.	Nome	Num.repet.	Medias	5%	1%
1	3	Fertirrigacao	5	1100.4000	a	A
2	2	Ad.convencional	5	1059.8000	a	A
3	1	Testeounha	5	808.6000	b	A

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nivel de significancia indicado

DMS 1% = 340.8340

DMS 5% = 244.1435

Tabela 11 - Rendimento de grãos (t/ha) do feijoeiro
(*Phaseolus vulgaris* L.) por efeito da adubação nitrogenada

Tratamentos	81	82	83	84	85	Média
Testemunha	598	1119	673	587	1066	908,6
Adubação Convencional	900	1051	1157	1009	1182	1059,8
Fertirrigação	1033	1054	1094	1066	1255	1100,4

B = Bloco

5. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi realizado o experimento e de acordo com a discussão dos resultados obtidos, pode-se concluir que :

a) A adubação nitrogenada aumentou significativamente, ao nível de 5 % de probabilidade, a produção de grãos e a absorção de nitrogênio pela planta;

b) Os tratamentos fertirrigação e adubação nitrogenada convencional, não apresentaram diferença significativa, ao nível de 5 % de probabilidade, para a absorção de nitrogênio e produção de grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.);

c) A fertirrigação aumentou significativamente, ao nível de 5 % de probabilidade, o acúmulo de matéria seca na planta.

d) A fertirrigação em nenhuma situação se mostrou inferior a adubação nitrogenada convencional, apresentando a vantagem de possibilitar a redução de mão-de-obra e simplificação da fertilização nitrogenada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDA-ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Manual de adubação. São Paulo, 1975. 346p.
- BARTHOLOMEW, W.V. EL nitrogeno y la matéria orgânica de los solos. In: DROSDOFF, M. et alli, eds. Suelos de las regiones tropicales. Buenos Aires, ed Marymar, 1975. p.81-107
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. et alli, ed. Methodus of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt 2. p.1149-78.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. The nature and properties of soils. Toronto, Macmillian, 1969. 653p.
- COSTA, E.F.da & BRITO, R.A.L. Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação. Sete Lagoas, EMBRAPA, 1988. 19p. (circular técnica, 13)
- COSTA, E.F.da; FRANÇA, G.E.de,; ALVES, V.M. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 12(39):63-8, jun. 1986.
- DOWLER, C.C.; GAINES, T.P.; SKLANY, T.E. Fertilizing sequential multiple crops on a coastal plain soil by sprinkler irrigation. Irrigation and drainage abstracts.

3: 11. setembro/1985.

FRIZZONE, J.A. Fertirrigação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 32p.

FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; PAES, L.A.D.; NASCIMENTO, V.M.do, Fertirrigação mineral. Ilha Solteira, Univers.Est. Paulista. 1985. 52p. (Boletim técnico 2)

HAGIN, J. & TUCKER, B. Fertilization of dryland and irrigated soils. 1982. 190 p.

HAAG, H.P. & MALAVOLTA, E. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, 26: 381-91, 1967.

JORGENSEN, S.S. Metodologia utilizada para análise de rotina. guia analítico. Piracicaba, CENA, 1977. 23p.

KILMER, V.J. & ALEXANDER, V.T. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Science, Baltimore, 48: 15 - 26, 1949.

LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. Revista Brasileira de Ciência do solo. Campinas, 2: 40-4, 1978.

LIBARDI, P.L. Água no sistema solo-planta-atmosfera. Piracicaba, ESALQ/USP. 1988. (Curso de pós graduação).

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no sistema solo-planta atmosfera. Piracicaba, CENA/USP, 1989. 232p.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. adubos e adubação. São Paulo 1967, Ceres, 1967. 606 p.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. adubos e adubação. São Paulo, 3a ed. Ceres, 1981. 607 p. 1981.

p.31-95.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas.

São Paulo, Ceres, 1980. 252p.

MEIRELLES, N.M.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em uma cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 4: 83-8, 1980.

MARCHETTI, D. Irrigação por pivô central. Brasília, EMBRAPA, 1983. 23p. (Circular técnica, 1)

NEPTUNE, A.M.L. & MURAOKA, T. Aplicação de uréia -15N em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar carioca. Revista brasileira de ciência do Solo, Campinas, 2: 51-5. 1978.

NEVES, M.C.P. Interdependência fisiológica entre os componentes do sistema simbiótico *Rhizobium* Leguminosas, revisão. Revista brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 5: 79-92, 1981.

OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo, Nobel, 1987. 108 p.

OMETTO, J.C. Registros e estimativas dos parâmetros meteorológicos da região de PIRACICABA, SP. PIRACICABA, FEALQ, 1989. 76p.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargil, 1987. 170p.

RAIJ, B.V. Avaliação da fertilidade do solo.

- Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato e Instituto Internacional da potassa, 1981. 142p.
- RANZANI, G. et alli. Levantamento da carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 1966. 85p.
- REHM, G.W. & WIESE, R.A. Effect of method of nitrogen application on corn (*Zea mays* L.) grown on irrigated sand soils. *Soil Science Society of América*, 22(6): 1217-20, 1975.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo planta-atmosfera. Campinas, Fundação Cargil, 1985. 445 p.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Manole, 1987. 188 p.
- RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. *Soil Science*, 68: 95-112, 1949.
- RODRIGUES, M.B. & KIEHL, J.C. Volatilização da amônia após uréia em diferentes doses de aplicação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10(1):37, jan/abr. 1986.
- SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in tropics. New York, John Wiley, 1976. 618 p.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISA AGRONÔMICA. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo. Rio de Janeiro, 1960. 643p.
- URQUIAGA, S.U. Dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

- cultivar carioca. Piracicaba, 1982. 154p. (Doutorado- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- TERMAN, G.L. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic matter and crop residues. *Advances in Agronomy*, New York, 31: 189-223, 1979.
- USDA- ESTADOS UNIDOS, DEPARTMENT OF AGRICULTURE. USDA Soil taxonomy; a basic interpreting soil surveys. Washington, USDA, 1975. 754p. (Agriculture handbook, 436).
- VIEIRA, C. A cultura do feijão. Viçosa, UFV, 1978. 146p.
- VIEIRA, R.F. & SARTORO, A. Recomendações técnicas para produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de alta qualidade. Brasília, EMBRAPA, CNPAF, 1984. (Circular técnica, 10)

APENDICE

Tabela 12 - Rendimento da matéria seca (g/plantas) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em quatro épocas do ciclo da cultura, por efeito da adubação nitrogenada.

		B1		B2		B3		B4		B5		
		Epocas	Folha	Vagem	Folha	Vagem	Folha	Vagem	Folha	Vagem	Folha	Vagem
Testemunha	E1	26.88			22.36		22.85		24.24		33.08	
	E2	50.55			52.72		46.91		61.55		52.45	
	E3	54.22			65.71		69.43		74.20		65.00	
	E4	32.87	27.38	58.70	56.23	44.43	44.57	61.60	38.20	57.78	57.51	
Adubação Convencional	E1	26.53			21.49		29.68		21.84		38.54	
	E2	38.54			50.55		49.65		62.68		61.55	
	E3	87.70			92.81		89.58		62.90		117.06	
	E4	54.10	47.16	50.54	55.20	80.90	58.75	63.00	43.01	103.96	84.21	
Fertirrigação	E1	34.33			22.58		20.48		36.65		28.50	
	E2	62.95			49.65		62.68		76.23		63.95	
	E3	88.68			70.32		103.90		93.31		101.56	
	E4	52.65	58.61	82.22	74.00	118.34	89.17	85.90	75.05	73.83	64.13	

B = Bloco E = Época

Tabela 13 - Porcentagem de nitrogênio (%) no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em quatro épocas do ciclo da cultura, por efeito da adubação nitrogenada.

		B1		B2		B3		B4		B5	
		Folha		Folha		Folha		Folha		Folha	
Tratamentos	Épocas	Folha	Vagem	Folha	Vagem	Folha	Vagem	Folha	Vagem	Folha	Vagem
Testemunha	E1	4.48		4.27		3.27		3.67		4.00	
	E2	3.62		3.03		3.29		3.24		3.57	
	E3	2.63		2.99		2.46		3.25		3.27	
	E4	2.48	3.01	2.29	2.57	2.31	2.71	2.86	2.99	2.72	2.93
Adubação Convencional	E1	4.01		4.08		4.17		4.67		3.74	
	E2	3.65		3.81		3.20		3.70		3.96	
	E3	3.58		2.74		3.17		3.01		3.41	
	E4	2.58	3.38	2.79	3.19	2.53	2.61	2.85	2.64	2.57	2.97
Fertirrigação	E1	3.67		3.22		4.36		3.36		4.20	
	E2	3.72		2.54		3.12		3.10		2.77	
	E3	3.07		3.03		3.17		2.43		4.19	
	E4	2.46	3.06	2.72	2.67	2.84	3.25	2.50	2.70	2.67	2.91

B = Bloco E = Época

Tabela 14 - precipitação (PREC), irrigação (IRRIG), evaporação do Tanque Classe A (ECA), evapotranspiração da cultura de referência (ET_o), evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

DAP	PREC	IRRIG	ECA	ET _o	ET _m	DAP	PREC	IRRIG	ECA	ET _o
	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm
1		23.0	4.84			41			3.07	
2	6.62		4.59			42	27.97		0.95	1.82
3			2.28			43			1.08	
4			4.02			44			2.87	
5			3.82			45			1.85	
6	1.80		2.65			46	9.72		3.41	
7	16.16		3.92			47	2.74		2.80	2.06
* 8	36.63		3.58			48	0.13		1.12	
9			3.03			49	4.33	5.2	0.48	
10			3.25			50			2.29	
11	20.86		2.44			51			1.73	
12			2.44	2.21	1.3	52			1.93	1.28
13	8.08		3.06			53			1.09	
14	2.29		1.81			54	16.55		1.57	
15	0.13		10.91			55	6.78		0.49	
16	1.30		11.05			56			2.09	
17			13.34	11.73	11.04	57		5.2	2.10	1.26
18			14.47			58			1.92	
19			13.38			59	18.77		1.64	
20	27.50		14.11			60	0.26		2.37	
21	3.39		10.65			61			1.87	
22			14.65	12.61	11.83	62			1.90	1.36
23	6.20		12.70			63			2.27	
24			14.18			64			2.49	
25			13.76			65			3.52	
26			12.30			66			3.09	
27	26.07		15.73	12.81	12.25	67			0.94	1.72
28			13.12			68			2.67	
29	12.36		14.46			69			3.57	
30			11.78			70	10.43		4.10	
31			12.06			71			2.02	
32			12.36	12.36	12.12	72			3.19	2.18
33			14.37			73			2.06	
34			12.16			74			1.06	
35			13.00			75			1.43	
36			13.09			76			3.52	
37	7.43	7.8	11.34	11.96	11.96	77	1.17		2.08	1.43
38			12.67			78			2.50	
39			13.04			79			3.40	
40			12.40			80			2.92	
41			13.07			81	0.21		2.04	1.89

DAP=dias apos plantio

* = 1 dia apos germinação

Tabela 15 - Resultados dos teste de condutância hidráulica das cápsulas porosas.

Núm	H1 (cm)	H2 (cm)	T1 (min)	T2 (min)	Condutancia (cm ² /s)*1000	
1	129.2	29.2	0.000	3.900	1.69	raio do tubo (r) = 0.45 cm
2	129.2	29.2	0.000	4.200	1.57	
3	129.2	29.2	0.000	3.517	1.87	area da seção transversal do tubo (A) = 0.64 cm ²
4	129.2	29.2	0.000	3.317	1.99	
5	129.2	29.2	0.000	10.283	0.64	media aritmetica (m) = 1.79x10 ⁻⁴ cm ² /s
6	129.2	29.2	0.000	3.150	2.09	
7	129.2	29.2	0.000	3.017	2.18	numero de capsulas (n) = 29
8	129.2	29.2	0.000	3.450	1.91	
9	129.2	29.2	0.000	3.367	1.96	maxima condutancia hidraulica (C) = 2.44x10 ⁻⁴ cm ² /s
10	129.2	29.2	0.000	4.133	1.59	
11	129.2	29.2	0.000	3.100	2.13	minima condutancia hidraulica (C) = 0.64x10 ⁻⁴ cm ² /s
12	129.2	29.2	0.000	3.300	2.00	
13	129.2	29.2	0.000	3.933	1.68	desvio padrao (s) = 0.36x10 ⁻⁴ cm ² /s
14	129.2	29.2	0.000	4.200	1.57	
15	129.2	29.2	0.000	4.617	1.43	coeficiente de variacao (CV) = 20.36%
16	129.2	29.2	0.000	3.417	1.93	
17	129.2	29.2	0.000	4.483	1.47	
18	129.2	29.2	0.000	3.350	1.97	
19	129.2	29.2	0.000	4.183	1.58	
20	129.2	29.2	0.000	2.783	2.37	
21	129.2	29.2	0.000	2.867	2.30	
22	129.2	29.2	0.000	4.683	1.41	
23	129.2	29.2	0.000	2.700	2.44	
24	129.2	29.2	0.000	3.833	1.72	
25	129.2	29.2	0.000	5.133	1.28	
26	129.2	29.2	0.000	3.650	1.81	
27	129.2	29.2	0.000	4.383	1.50	
28	129.2	29.2	0.000	3.433	1.92	
29	129.2	29.2	0.000	3.333	1.98	