

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO SOB SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO
EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS**

THOMAS JOSÉ JUSTO MIORINI

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU – SP
Março - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO SOB SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO
EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS**

THOMAS JOSÉ JUSTO MIORINI

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cury Saad

Co-Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU – SP
Março - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M669p Miorini, Thomas José Justo, 1987-
Produtividade do feijoeiro sob supressão de irrigação
em diferentes fases fenológicas / Thomas José Justo
Miorini. - Botucatu : [s.n.], 2012
xvi, 111 f. : , gráfs. color., tabs., fots.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu,
2012
Orientador: João Carlos Cury Saad
Co-orientador: Rogério Peres Soratto
Inclui bibliografia

1. Feijão - Irrigação. 2. Feijão - Rendimento.
3. Fenologia. 4. Produtividade agrícola. I. Saad, João
Carlos Cury. II. Soratto, Rogério Peres. III. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de
Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO SOB SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO
EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS".

ALUNO: THOMAS JOSÉ JUSTO MIORINI

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

PROF. DR. MARCELO DE ALMEIDA SILVA

PROF. DR. JAMBAS HONÓRIO DE MIRANDA

Data da Realização: 28 de fevereiro de 2012

Aos meus pais, Marcia e Nardo, minhas irmãs, Bia e Fran.

Ofereço

Agradecimentos

A Deus Pai todo poderoso toda honra e toda glória. Obrigado Senhor Jesus pela oportunidade de mais uma conquista e por todas as bênçãos que tem colocado em minha vida.

Ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad pela amizade, orientação e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto pela colaboração e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Professores Drs. Dirceu Maximino Fernandes, Leonardo Theodoro Büll, Maria Helena Büll, pelos conselhos e orientações.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especialmente ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pela oportunidade concedida.

Aos Professores que participaram de minha Qualificação (Prof. Dr. Rodrigo Máximo Sánchez Román e Prof. Dr. Antônio ded Pádua Sousa) e defesa (Prof. Dr. Marcelo de Almeida Silva e Prof. Dr. Jarbas Honório de Miranda), pelas sugestões.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural.

A seção de Pós Graduação e funcionários.

Aos amigos Rafael Werle, Rodrigo Werle, Lia Marchi da Silva, Marcela Leite Campos Menegale, Marísia da Silva, Luiz Henrique Almeida, Bernardo Tomchinsky, Rafael Augusto Ferraz, Thiago Luiz Flanela, Ricardo Fasanaro, Fabi, José Joaquim, Lucas , Rogério, sempre presentes e que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos moradores das repúblicas de Botucatu (DNA, Mata-Burro e Monte Olimpo).

A todos que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Cultura do feijoeiro	7
4.2 Irrigação no feijoeiro	8
4.3 Déficit hídrico no feijoeiro	9
4.4 Fases críticas no déficit hídrico do feijoeiro	10
4.5 Resposta do feijoeiro ao estresse hídrico	11
5 MATERIAL E MÉTODOS	14
5.1 Experimento I – Campo	15
5.1.1 Semeadura	15
5.1.2 Delineamento Experimental e Tratamentos	15
5.1.3 Sistema de irrigação	18
5.1.4 Tratos culturais	22
5.1.5 Variáveis avaliadas	23
5.1.6 Indicadores Estatísticos	24
5.2 Experimento em Casa de Vegetação	25
5.2.1 Semeadura e adubação	25
5.2.2 Delineamento Estatístico	26
5.2.3 Variáveis avaliadas	28
5.2.4 Indicadores Estatísticos	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6.1 Experimento no Campo	30
a) Temperatura e precipitação	30
6.1.1 Todos os tratamentos	31
6.1.2 Ausência de irrigação em uma das Fases	41
6.1.3 Irrigação em apenas umas das Fases	47
6.1.4 Irrigação em duas Fases	53

6.1.5 Contrastes Ortogonais	59
6.2 Experimento em Casa de Vegetação	63
6.2.1 Todos os Tratamentos	64
6.2.2 Supressão da Irrigação em uma Fase	73
6.2.3 Irrigação em apenas uma Fase	78
6.2.4 Irrigação em apenas duas Fases	82
6.2.5 Irrigação em apenas três Fases	87
6.2.6 Contrastes Ortogonais	92
6.2.7 Colheita do Experimento II	100
7 CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS RESULTADOS	101
8 CONCLUSÕES	105
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

Lista de Tabelas

	Páginas
Tabela1. Atributos físico-químicos do solo experimental determinados pelo Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA. Botucatu-SP	15
Tabela 2. Resumo das fases e estádios fenológicos de desenvolvimento do feijoeiro	17
Tabela 3. Tratamentos com 16 combinações possíveis envolvendo fases da cultura do feijoeiro e o fornecimento hídrico ou não	18
Tabela 4. Quantidade em mm da precipitação pluviométrica e a lâmina aplicada durante o ciclo da cultura e fases	21
Tabela 5. Valor de Kc retirado do trabalho de Bizari et al. (2009)	22
Tabela 6. Atributos físico-químicos do solo utilizado no experimento em casa de vegetação determinados pelo Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA. Botucatu-SP	25
Tabela 7. Duração média para as diferentes fases estabelecidas.....	26
Tabela 8. Tratamentos com 32 combinações possíveis envolvendo fases da cultura do feijoeiro e o fornecimento hídrico ou não	27
Tabela 9. Média dos diferentes tratamentos para as variáveis : NV (número total de vagens), TmV (tamanho médio das vagens), NGV (número de grãos por vagem), NGP (número de grãos por planta), Peso de 100 grãos e Prod (produtividade (kg ha ⁻¹))	32
Tabela 10. Comparação entre a presença ou não de irrigação nas fases fenológicas através dos contrastes ortogonais (experimento campo)	59
Tabela 11. Média dos diferentes tratamentos para as variáveis: NV (número total de vagens), Grãos por vaso, NGV (número de grãos por vagem), TmV (tamanho médio das vagens), Produtividade por vaso	63
Tabela 12. Comparação entre a presença ou não de irrigação em apenas uma fase fenológica através dos contrastes ortogonais (experimento casa de vegetação)	92
Tabela 13. Comparação entre a presença ou não de irrigação em apenas duas fases fenológicas através dos contrastes ortogonais (experimento casa de vegetação)	95

Tabela 14. Comparação entre a presença ou não de irrigação em três ou mais fases fenológicas através dos contrastes ortogonais (experimento casa de vegetação)	98
Tabela 15. Data da colheita do experimento II	100

Lista de Figuras

	Páginas
Figura 1. (A) Emergência do feijoeiro; (B) Florescimento do feijoeiro; (C) Enchimento de grãos; (D) Início da maturação do feijoeiro	16
Figura 2. (A) Filtro de discos, manômetro e registros; (B) Cotovelo de 1' com redução $\frac{3}{4}$ '; (C) "T" com redução $\frac{3}{4}$ '; (D) Tampão $\frac{3}{4}$ '; (E) Conector inicial com registro; (F) Mangueira gotejadora; (G) Tubo gotejador espaçado 20 cm; (H) Conector final da mangueira gotejadora	19
Figura 3. (A) Momento da semeadura do feijoeiro; (B) Campo após a semeadura; (C) Pulverizador costal para a aplicação de herbicida	22
Figura 4. Temperaturas máximas e mínimas ($^{\circ}\text{C}$) na casa de vegetação durante a condução do Experimento	26
Figura 5. Temperatura mínima e precipitação durante o ciclo da cultura	31
Figura 6. Número total de vagens nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	33
Figura 7. Tamanho médio das vagens (cm) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	34
Figura 8. Número médio de grãos por vagem nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	36
Figura 9. Número médio de grãos por planta nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	37
Figura 10. Peso de 100 grãos (g) nos diferentes Tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	38
Figura 11. Produtividade (kg ha^{-1}) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	39
Figura 12. Número total de vagens na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições.....	41
Figura 13. Tamanho médio das vagens (cm) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	42

Figura 14. Número médio de grãos por vagem na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições.....	43
Figura 15. Número médio de grãos por planta na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	44
Figura 16. Peso de 100 grãos na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	45
Figura 17. Produtividade (kg ha^{-1}) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	46
Figura 18. Número total de vagens quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	47
Figura 19. Tamanho médio das vagens (cm) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	48
Figura 20. Número médio de grãos por vagem quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	49
Figura 21. Número médio de grãos por planta quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	50
Figura 22. Peso de 100 grãos (g) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	51
Figura 23. Produtividade (kg ha^{-1}) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	52

Figura 24. Número total de vagens quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	53
Figura 25. Tamanho médio de vagens (cm) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	54
Figura 26. Número médio de grãos por vagem quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	55
Figura 27. Número médio de grãos por planta quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	56
Figura 28. Peso de 100 grãos quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	57
Figura 29. Produtividade (kg ha^{-1}) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições	58
Figura 30. (A) Sem irrigação na fase vegetativa. Foto: Thomas (13/09/2010); (B) Irrigação na fase vegetativa. Foto: Thomas (13/09/2010)	61
Figura 31. Número total de vagens nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições	64
Figura 32. Número de grãos por vaso nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições	66
Figura 33. Número de grãos por vagem nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições	67
Figura 34. Tamanho médio das vagens (cm) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições	69
Figura 35. Produtividade por vaso (g) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições	70

- Figura 36. Número total de vagens na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 73
- Figura 37. Número de grãos por vaso na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 74
- Figura 38. Número de grãos por vagem na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 75
- Figura 39. Tamanho médio das vagens (cm) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 76
- Figura 40. Produtividade por vaso (g) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 77
- Figura 41. Número total de vagens quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 78
- Figura 42. Número de grãos por vaso quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 78
- Figura 43. Número de grãos por vagem quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 79
- Figura 44. Tamanho médio das vagens (cm) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 80
- Figura 45. Produtividade por vaso (g) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 81

- Figura 46. Número total de vagens quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 82
- Figura 47. Número de grãos por vaso quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 83
- Figura 48. Número de grãos por vagem quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 84
- Figura 49. Tamanho médio de vagens (cm) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 85
- Figura 50. Produtividade por vaso (g) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 86
- Figura 51. Número total de vagens quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 87
- Figura 52. Número de grãos por vaso quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 88
- Figura 53. Número de grãos por vagem quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 89
- Figura 54. Tamanho médio de vagens (cm) quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições 90
- Figura 55. Produtividade por vaso(g) quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições..... 91

- Figura 56. Diferenças dos tratamentos já na primeira fase (emergência-V3). O vaso da esquerda corresponde à lâmina adequada de água e o vaso da direita corresponde a 25% da lâmina aplicada 94
- Figura 57. (A) Tratamento com irrigação durante a fase vegetativa. Foto: Thomas, 31/08/2010; (B) Tratamento com irrigação na Vegetativa, mas com supressão na Floração. Foto: Thomas, 20/09/2010 104

Abreviaturas

Eto = Evapotranspiração de referência

ECA = Evaporação da água observada no Tanque Classe A

Kc = Coeficiente da cultura

NV = Número total de vagens

TmV = Tamanho médio das vagens

NGV = Número de grãos por vagem

NGP = Número de grãos por planta

Emerg = Emergência

VI = Emergência até V4

VII = V4 até floração

Flor ou Fl = Floração

Fo = Formação das vagens

E = Enchimento dos grãos

DAE = Dias após a emergência

1 RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande expressão no cenário econômico e social do Brasil, pois além de ser um alimento básico da população brasileira, faz parte da renda do pequeno e médio produtor rural. A hipótese deste trabalho é que a supressão do fornecimento de água em alguma fase ou em algumas fases do desenvolvimento do feijoeiro irrigado sempre resulta em redução de produtividade de, pelo menos, 20%. O objetivo foi de analisar a influência do uso da irrigação em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro sobre o desempenho dos componentes de produção do feijão do grupo Carioca, cultivar IAC Alvorada. O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado / Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, campus de Botucatu. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com 16 tratamentos e oito repetições, sendo cada parcela de 2,0 m x 4,5 m (Experimento I – campo) e 32 tratamentos e 4 repetições em vasos de 9 litros (Experimento II – casa de vegetação). Os tratamentos foram baseados em diferentes épocas de aplicação de lâminas de água em períodos críticos na cultura do feijão. No Experimento I – campo, as fases críticas consideradas foram: fase vegetativa, floração, enchimento de grãos e maturação. Já no Experimento II – casa de vegetação, as fases consideradas foram fase VI (emergência até V4),

VII (V4 até floração), floração, formação das vagens e enchimento de grãos. As irrigações foram realizadas visando elevar o teor de água do solo para o equivalente à capacidade de campo do solo, com auxílio do Tanque Classe A (Experimento I) e com auxílio do tensiômetro (Experimento II). As variáveis avaliadas foram: número médio de vagens por planta, tamanho médio das vagens, número médio de grãos por vagem, peso de 100 grãos e produtividade. Os dados foram inseridos no programa estatístico SAS, submetidos à análise de variância, assim como estudo de contrastes ortogonais. No Experimento I – campo, os componentes de produção foram fortemente afetados quando ocorreu supressão da irrigação na fase vegetativa e/ou na floração, sofrendo redução na produtividade de mais de 20% e, com isso, comprovando a hipótese. Esta redução de 20% não foi observada na supressão de irrigação apenas na maturação, sendo que neste caso as irrigações poderiam ser retiradas com redução de menos de 20% na produtividade. Já no Experimento II, todos os tratamentos foram afetados pela supressão de irrigação em uma ou mais fases, comprovando a hipótese, pois todos os tratamentos reduziram sua produtividade em, pelo menos, 20%.

Palavras-chave: feijão, produtividade, supressão da irrigação

2 SUMMARY

WATER RATIONAL USE IN IRRIGATED BEAN. Botucatu, 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.

Author: THOMAS JOSÉ JUSTO MIORINI

Adviser: Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is widespread in the social and economic scene in Brazil, as well as being a staple of Brazilian population, helps small and medium-income farmers. The hypothesis is that if the water supply is suppressed in just one of the five development stages or in some phases of development of irrigated beans, it can result in reduction productivity of, at least, 20%, allowing water economy. The objective of this study was to compare the performance of bean Carioca group IAC Alvorada yield components, with irrigation suppression in each of the phenological phases and no irrigation and irrigated in all stages. The

study was conducted at Agronomical Sciences College, UNESP, Botucatu, SP, Brazil. The statistical design was the randomized block with sixteen treatments and eight replications, each plot was 2.0m X 4.5m (Experiment I – Field) and thirty-two treatments and four replications in vase of 9l (Experiment II – Greenhouse). Treatments were based on different application times water depth at critical periods in the bean crop. In Experiment I – Field, the critical phases were: vegetative stage, flowering, grain filling and maturation. In Experiment II – Greenhouse, the critical phases were: VI (V1 – V3), VII (V4 – flowering), flowering, pod formation and filling grain. Irrigations were performed to increase the water soil content to the field capacity using a class A Pan (Experiment I) and using tensiometers (Experiment II). Variables evaluated were: average number of pods per plant, pods of average size, average number of grains per pods, weight of 100 grains and productivity. Data were analyzed using SAS statistical program, subjected to analysis of variance and “t” test at 5% probability, as well as study of orthogonal contrasts. In Experiment I – Field, the yield components were higher affected when it occurred irrigation’s suppression at Vegetative phase and/or at Flowering phase, suffering a reduction in productivity of more than 20% and thereby agreeing to the hypothesis. This reduction of 20% was not observed in the treatment when occurred irrigation suppression at Maturation phase. In Experiment I, all treatments were affected by the irrigation suppression, getting productivity reduction of at least 20%.

Key words: bean, yield components, irrigation

3 INTRODUÇÃO

O feijão é um produto agrícola de elevada expressão econômica e social. Sendo o alimento básico para a alimentação de populações mais necessitadas, exercendo importante função social no suprimento das necessidades nutricionais dessa camada, além de desempenhar papel fundamental na composição da produção agrícola brasileira.

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão comum *Phaseolus vulgaris* L e os principais Estados produtores dessa leguminosa são o Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Goiás e Santa Catarina. No entanto, o feijoeiro é cultivado em todo território nacional, em áreas com alto nível tecnológico, mas com predominância para a agricultura familiar, a qual emprega baixa tecnologia. Isso tem refletido na produtividade média da cultura que é de 893 kg ha⁻¹ referente à safra 2009/2010 e neste mesmo período a área cultivada era de aproximadamente de 4.084.400 ha e produção de 3.645.300 t, incluindo o feijoeiro irrigado e de sequeiro, nos sistema não consorciado e consorciado com outras culturas.

A instabilidade climática afeta o feijoeiro em quase todas as regiões produtoras do Brasil, com períodos de excessos e de deficiência hídrica. O emprego da irrigação para o feijoeiro (que se apresenta como uma cultura sensível à deficiência hídrica) é

essencial em regiões onde ocorre distribuição irregular das precipitações pluviais, provocando grande oscilação na produção nacional de feijão.

A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final e alterações no desenvolvimento das plantas. Os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade e do estágio de desenvolvimento da planta.

O feijoeiro é classificado como planta sensível, tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. O requerimento de água pela cultura é variável com o seu estágio de desenvolvimento. O consumo de água aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação.

Uma vez que as culturas irrigadas têm grande consumo de água no processo produtivo, é muito oportuno identificar quais os estádios de desenvolvimento com maior dependência hídrica visando definir uma estratégia de economia de água com pequeno impacto na produtividade, por exemplo, nas fases em que o fornecimento de água tem pouco impacto na produção, pode-se reduzir a lâmina aplicada, gerando economia sem comprometer a produtividade.

Para o feijoeiro, não se tem bem definido qual o impacto na produtividade decorrente da supressão do fornecimento de água em cada uma das fases ou em combinações de fases do ciclo.

Portanto, elaborou-se a hipótese de que a supressão do fornecimento de água em alguma fase ou em algumas fases do desenvolvimento do feijoeiro irrigado resulta em redução de produtividade de, pelo menos, 20%.

O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência do uso da irrigação em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro sobre o desempenho dos componentes de produção do feijão do grupo Carioca, cultivar IAC Alvorada.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultura do feijoeiro

O cultivo do feijoeiro no Brasil é realizado em três épocas distintas: 1ª safra – safra das “águas” – semeadura de setembro a novembro; 2ª safra – safra da “seca” – semeadura de janeiro a março; e 3ª safra – safra de inverno – semeadura de abril a junho.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2010), referente à safra 2009/2010, a 1ª safra refletiu em produtividade de 1,08 ton ha⁻¹, numa área de 1.343.600 ha e com produção total de 1.455.600 t no Brasil. Já na 2ª safra, o Brasil apresentou produção total de 1.432.500 t, numa área de 1.263.200 ha e com 726 kg ha⁻¹ de produtividade média. Para a safra de inverno a área cultivada foi de 767.100 ha aproximadamente e produção de 757.200 t, com uma produtividade média de 0,99 ton ha⁻¹.

O cultivo de feijão pode ser realizado sob o regime sequeiro, onde a irregularidade de chuvas e altas temperaturas têm contribuído consideravelmente para o déficit hídrico e consequente redução da sua produtividade. Portanto, para o manejo adequado desta cultura, visando produtividade, é importante conhecer a capacidade de resposta aos níveis de déficit hídrico, bem como a relação entre consumo de água e produtividade. Com base nesse conhecimento, o agricultor pode selecionar cultivares apropriadas à situação. Costa et al.

(1997) ressaltam a necessidade de avaliar o comportamento de cultivares desenvolvidas para sequeiro, para evitar perdas da produtividade.

4.2 Irrigação no feijoeiro

Para o estabelecimento de um correto manejo da irrigação, têm-se dois aspectos intrínsecos a serem considerados. O primeiro é o das condições naturais da fonte supridora de água, pelo custo elevado da captação e distribuição. Na maioria dos projetos de irrigação a disponibilidade de água tende a ser limitada, sendo, portanto, essencial a sua otimização. O segundo é baseado na resposta da cultura a lâmina de água aplicada. Para English e Raja (1996), lâminas excessivas além de onerarem o custo de produção, também são prejudiciais por reduzirem o rendimento da cultura. Por outro lado, lâminas insuficientes expõem a cultura a condições de deficiência hídrica, reduzindo seu potencial produtivo. Desta forma, o conhecimento das respostas da cultura a diferentes níveis de manejo da irrigação, permite o manejo racional do sistema, fornecendo água às plantas de forma a maximizar o seu rendimento e o melhor aproveitamento da água.

A obtenção de uma alta produção também requer adoção de práticas de manejo que visem melhorar a irrigação e esta adoção só é possível com o conhecimento das necessidades hídricas das culturas.

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar substancial impacto negativo no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR; SINCLAIR, 1996); assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 1991). A necessidade em se resolver este conflito leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos, que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (McCREE; FERNÁNDEZ, 1989) levando assim as plantas a tentarem atingir a produção de sementes.

Os efeitos do teor de água no solo no feijoeiro manifestam-se ao longo do seu ciclo e nas diferentes partes da planta. Em geral, o que mais interessa são os efeitos do

déficit hídrico sobre o crescimento e o desenvolvimento da cultura, o que, conseqüentemente, limita o rendimento (MAÑAS; VALERO, 1993).

4.3 Déficit hídrico no feijoeiro

O feijoeiro é uma planta sensível à deficiência hídrica e ao excesso de água no solo (SILVEIRA; STONE, 2004). Seu requerimento de água varia com o estágio de desenvolvimento, de um valor mínimo na germinação até o máximo na floração e formação das vagens, e na maturação esse consumo diminui (NÓBREGA et al., 2001). A redução na produtividade sob estresse hídrico deve-se à baixa porcentagem de vingamento das flores, causando abortamento de óvulos e produzindo assim vagens chochas (AIDAR et al., 2002).

A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial. De acordo com Ortolani e Camargo (1987), sem se considerar os efeitos extremos, esta limitação é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção, razão pela qual, no planejamento da agricultura irrigada, é de fundamental importância o conhecimento das condições meteorológicas durante o período de desenvolvimento das plantas, principalmente quanto aos períodos de baixa precipitação e elevada demanda na evapotranspiração.

A maior ou menor disponibilidade de água e nutrientes no solo, associada às variações meteorológicas, afetam o feijoeiro ao longo do seu ciclo, no que se relaciona à fenologia e aos componentes do rendimento. Em termos de resposta à deficiência hídrica, o feijoeiro tem demonstrado ser altamente sensível no período de pre-floração ao início da formação de vagens e também durante o enchimento de grãos e em menor escala no crescimento vegetativo (AMORIM NETO et al., 1995).

4.4 Fases críticas no déficit hídrico do feijoeiro

De acordo com alguns autores (SINGH, 1995; ZLATEV; STOYANOV, 2005; SZILAGYI, 2003), o stress hídrico durante a floração e enchimento de grãos reduz a produtividade e o peso de sementes e acelera a maturidade do feijão.

A produção do feijoeiro é bastante influenciada pela condição hídrica do solo. Nas diferentes fases críticas do ciclo da cultura (vegetativa, floração, enchimento de grãos, por exemplo), deficiências ou excessos de água, causam redução na produtividade em diferentes proporções. Segundo Doorenbos e Kassam (1994), para o feijoeiro os períodos críticos, durante os quais a deficiência hídrica causa decréscimos na produção, já estão bem determinados (V0/V1, R6 e R8).

Resultados de trabalhos realizados com feijão mostram que os estádios de floração e enchimento de grãos são os mais críticos ao déficit hídrico (SHOUSE et al. 1981; FERREIRA et al. 1991; FIEGENBAUM et al. 1991; BRITO, 1993; GUIMARÃES et al. 1996; ANDRADE et al. 1999).

Durante a fase vegetativa do desenvolvimento do feijoeiro, o déficit hídrico tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas. Se o déficit ocorrer durante a floração, provoca abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens por planta; se ocorrer no enchimento dos grãos, prejudica a formação de sementes ou reduz seu peso (GUIMARÃES, 1988). Um déficit hídrico de 50% no período vegetativo causa uma redução no rendimento de 10%, enquanto que se o mesmo déficit ocorrer na floração e durante o enchimento de vagens, têm-se reduções de 55 e 38% na produção, respectivamente (CALVACHE et al., 1997). Para Portes (1996), no feijoeiro a principal fonte de fotoassimilados para a formação dos grãos é obtida durante o período pós-florescimento e durante o crescimento das vagens.

Oliveira (1991) considerou como período crítico o intervalo entre 30 a 60 dias após a emergência, para ciclo de 90 dias e 35 a 65 dias para ciclo de 95 dias. Magalhães et al. (1979) concluíram que para obter um rendimento de ao menos 80% do rendimento potencial, não pode faltar água para a cultura no período que se estende desde antes do início da floração (quatro dias antes da plena floração) até a plena frutificação (18 dias após a plena floração).

De acordo com Bezerra et al. (2003) o tratamento com déficit nos estádios vegetativo e enchimento dos grãos apresentou redução de 38,8% na produção de grãos em relação ao tratamento sem déficit. Já o déficit aplicado em apenas um estágio fenológico, reduziu a produtividade em até 26%, em relação à testemunha, indicando a necessidade de um suprimento adequado de água no estágio de enchimento de grãos. O déficit hídrico imposto nos estádios floração e/ou enchimento de grãos, não resultou em grandes perdas de produção, possivelmente devido aos intervalos dos estádios fenológicos da cultura, que foram bastante curtos (floração, 10 dias e enchimento de grãos, 9 dias).

Bezerra et al. (2003) mostraram que a aplicação de déficit hídrico no estágio de enchimento de grão causou maior redução na produtividade; já o déficit hídrico em dois estádios fenológicos causou maior redução na produtividade, quando aplicado nos estádios vegetativo e de enchimento de grãos; o déficit hídrico afetou a produtividade de grãos, o número de vagem por planta e o número de grão por vagem.

De acordo com Nascimento et al. (2004), o componente NVP (número de vagens por planta) foi fortemente afetado pelos níveis de estresse hídrico e com mais severidade que o ocorrido nos outros componentes, em todos os níveis de déficit hídrico impostos pelos tratamentos. Miranda e Belmar (1977) e Stone *et al.* (1988) também observaram redução no número de vagens por planta em feijoeiros submetidos à deficiência hídrica.

4.5 Resposta do feijoeiro ao estresse hídrico

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernández (1989) e Taiz e Zeiger (1991), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas.

Resende et al. (1981) relataram que plantas submetidas a tensões hídricas reduzem a turgescência e, conseqüentemente, a expansão celular, o que promove redução no alongamento do caule e da folha. Para Babalola (1980), a translocação de fotoassimilados para as raízes é comprometida em condições de déficit hídrico, afetando

diretamente o crescimento das plantas. Já, para Leite *et al.* (1999), considerando que as folhas são os centros de produção da fotossíntese e que o resto da planta depende da exportação de material assimilado da folha para outros órgãos da planta de feijão, o estresse hídrico nesta cultura, compromete tal exportação, contribuindo para os decréscimos de seu crescimento e produção. Resultados semelhantes foram relatados por Turk e Hall (1980) e Hiler *et al.* (1972), quando plantas de feijão submetidas à deficiência hídrica apresentaram baixa transpiração, refletindo na redução de altura de plantas. Távora e Melo (1991), estudando o amendoim submetido a ciclos de deficiência hídrica, constataram também reduções significativas do número de folhas por planta. Ainda, Larcher (1986) afirma que, pela deficiência de água, ocorre perda progressiva da turgescência protoplasmática e aumento na concentração de solutos. Dos efeitos destes, resulta inicialmente um distúrbio na função celular. Surgem, então, os déficits funcionais e, por fim, as estruturas protoplasmáticas são danificadas. Segundo ainda este mesmo autor, a redução da perda de água, pela redução da superfície de transpiração da planta, para evitar a sua dessecação, parece ser uma das medidas comportamentais, entre outras, de resistência ao déficit hídrico, refletindo-se na sua morfologia. A redução da superfície de transpiração é efetuada rápida e reversivelmente, pelo desdobramento e enrolamento das folhas.

De acordo com Karamanos *et al.* (1982), a ocorrência de estresse hídrico durante a fase vegetativa inicial, provoca redução do crescimento e da superfície fotossintética, ocorrendo conseqüentemente, menor número de flores, de vagens por planta e de grãos por vagens. Carvalho *et al.* (2000), por sua vez, constataram queda na produção de 32 a 100%, relativos aos níveis de 80 e 20% de água consumida, respectivamente, em relação à testemunha (reposição de 100% de água consumida). Ritchie (1981) afirma que além de afetar a expansão foliar, a deficiência hídrica do solo pode causar o enrolamento e a abscisão, ou morte parcial das folhas, diminuição da brotação, polinização, translocação e enchimento de grãos, bem como, o abortamento das vagens.

A água, além de ser o principal constituinte do protoplasma, participa diretamente de inúmeras reações químicas, responsáveis pela turgescência celular. A redução da absorção de água e a consequente desidratação das células comprometem os processos fisiológicos afetando, assim, todos os componentes de crescimento (PÁEZ *et al.*, 1995). A perda acentuada de água reduz a multiplicação e o alongamento das células, resultando em

plantas menores e, em consequência, na redução da área foliar. A limitação na área foliar pode ser considerada uma primeira reação das plantas ao déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 1991). Para Fernández et al. (1996), a área foliar é um importante fator da produção e determina o uso da água pela planta, sendo que seu potencial de produtividade é severamente inibido quando submetida ao déficit hídrico.

Conforme Bascur et al. (1985a) durante o desenvolvimento do feijoeiro a atividade fotossintética aumenta com o crescimento da área foliar, até a sua expansão máxima. Entretanto, segundo Fancelli e Dourado Neto (1991) e Guimarães (1996) a deficiência hídrica poderá paralisar o crescimento foliar, tendo efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar fotossinteticamente ativa.

Bascur et al. (1985b) estudando o efeito do teor de água no solo sobre cultivares de feijão, verificaram que plantas submetidas a estresse hídrico tiveram forte redução da área foliar e do rendimento, mas apresentaram maior acúmulo de matéria seca em talos e ramos. Observaram, também, que variedades de feijoeiro com resistência à seca apresentam maior manutenção foliar, que resulta em maior peso de matéria seca e produtividade. Resultados semelhantes foram obtidos por Resende et al. (1981) e Stone et al. (1988).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, no Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, câmpus de Botucatu, estado de São Paulo (22°51'S; 48°27'W e 786 metros).

A cultura utilizada foi o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), grupo carioca, cultivar IAC-Alvorada, com ciclo de 92 dias aproximadamente. A cultivar é proveniente de cruzamentos múltiplos, com procedência do Instituto Agronômico de Campinas. Como característica possui hábito de crescimento indeterminado; porte semi-ereto; folíolos ligeiramente pubescentes; flor branca (após a fecundação fica amarelo-desbotado); vagem achatada lateralmente; moderadamente resistente à antracnose; indicada para todo o Estado de São Paulo, exceto as regiões suscetíveis a geada; com teor médio de proteína de 22%.

O projeto foi dividido em dois experimentos: I) no campo, em 2010 e II) em casa de vegetação, em 2011.

5.1 Experimento I – Campo

5.1.1 Semeadura

A semeadura ocorreu no dia 8 de julho de 2010 e consistiu em sulcos espaçados de 0,50 m, com densidade de plantio de 12 plantas por metro linear, operação realizada mecanicamente.

Antes da implantação do experimento foram determinadas as características físico-químicas do solo. As análises foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela1. Atributos físico-químicos do solo experimental determinados pelo Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA. Botucatu-SP

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Mn	Zn
CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						-----mg.dm ⁻³ -----				
4,7	34	26	50	2	19	11	32	80	38	0,2	14	29	3,1
Areia			Silte			Argila			Textura do				
-----g.dm ⁻³ -----									solo				
365			420			215			Argilosa				

5.1.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito repetições. Cada parcela teve as dimensões de 2,0 m (4 linhas de semeadura) x 4,5 m, totalizando 9 m². Como cada um dos 16 tratamentos era composto por 8 repetições, a área total foi de 1152 m².

Para este projeto foram utilizados os critérios propostos por Silva (1981) e Portes (1981), fazendo-se as seguintes observações para os tratamentos:

a) Data da emergência: considerada como sendo a data na qual 90% das plântulas estavam emergidas (Figura 1A).

b) Data do início da floração: 50% das plantas apresentando pelo menos uma flor aberta (Figura 1B).

c) Data do início do enchimento de vagens: 50% das vagens apresentando sementes em crescimento. Isto foi detectado através do tato com as vagens (Figura 1C).

d) Data do início da Maturação: as plantas apresentavam 90% das vagens alterando da coloração verde para amarelo-rosado (Figura 1D).

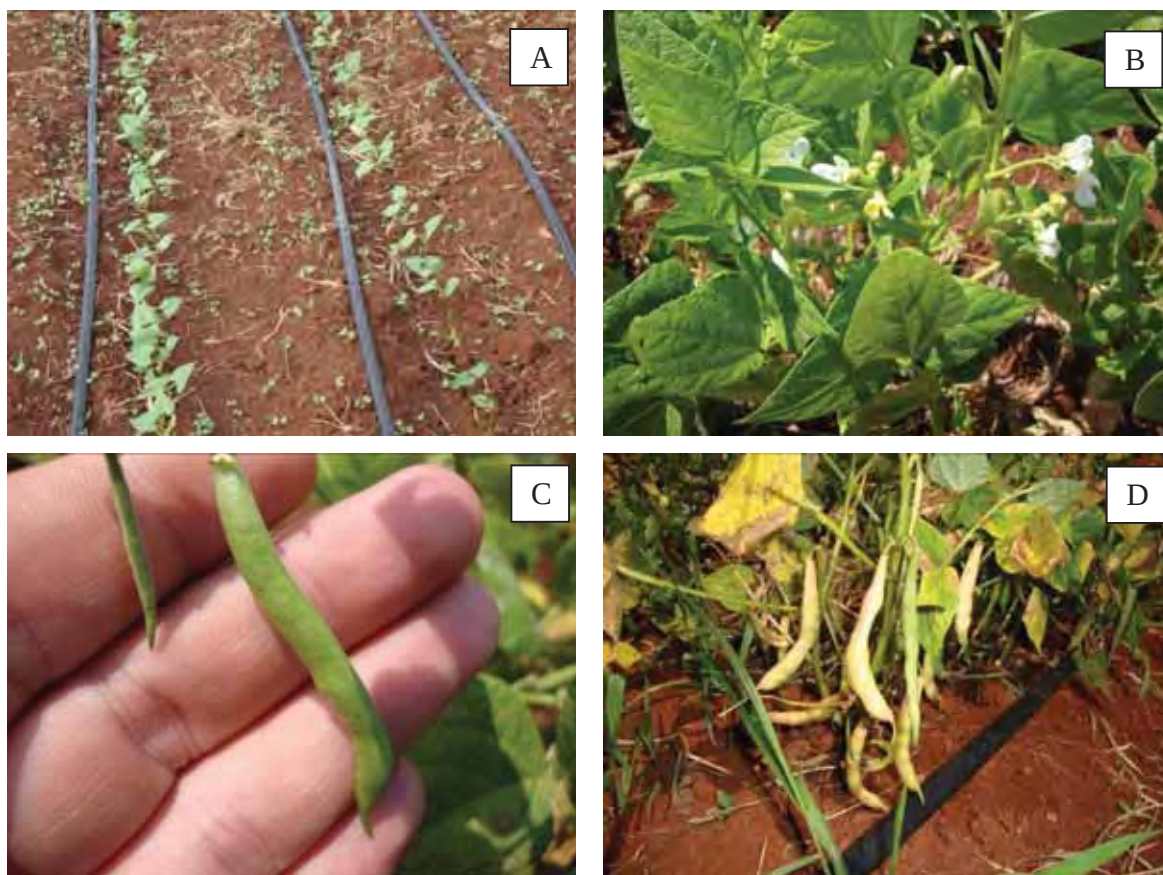


Figura 1. (A) Emergência do feijoeiro; (B) Florescimento do feijoeiro; (C) Enchimento de grãos; (D) Início da maturação do feijoeiro.

A Tabela 2 mostra um resumo das fases e estádios fenológicos do feijoeiro, com o DAE (dias após a emergência). Os tratamentos, em número de 16, envolveram a supressão hídrica em cada uma das fases e também na combinação de fases, conforme pode ser verificado na Tabela 3

Tabela 2. Resumo das fases e estádios fenológicos de desenvolvimento do feijoeiro

Fases	Estádios	DAE	Características	Início do Estádio/Descrição
Vegetativa	V0		Germinação	Semeadura/Absorção de água, emissão da radícula, transformação raiz primária.
	V1	15	Emergência	Cotilédones de 50% das plantas ao nível do solo/Desenvolvimento epicótilo.
	V2		Folhas primárias	Folhas primárias de 50% das plantas estão desdobradas/Expansão das folhas.
	V3		Primeiro Trifólio	Abertura da primeira folha trifoliolada em 50% das plantas/ Abertura trifólio, surgimento do segundo.
	V4	30	Terceiro Trifólio	Abertura da terceira folha trifoliolada em 50% das plantas/ Abertura terceiro trifólio e formação ramos nas gemas e nós inferiores.
Reprodutiva	R5		Pré-floração	Aparecem os primeiros botões florais em 50% das plantas/ Aparecimento primeiro botão floral e primeiro racemo.
	R6	45	Floração	Abertura da primeira flor em 50% das plantas/Florescimento das plantas.
	R7	60	Formação das vagens	Aparecimento das primeiras vagens em 50% das vagens ao murchar a corola/Aparecimento da primeira vagem até 2,5 cm de comprimento.
	R8	75	Enchimento das vagens	Primeiras vagens cheias de grãos em 50% das plantas/Crescimento da semente
	R9	90	Maturação fisiológica	Modificação da cor das vagens em 50% das plantas/ Vagens perdem pigmentação e começam a secar, grãos com cor típica da variedade

Fonte: Adaptado de Fernandez et al. (1985) e Fancelli & Dourado Neto (1997)

DAE = dias após a emergência

Tabela 3. Tratamentos com 16 combinações possíveis envolvendo fases da cultura do feijoeiro e o fornecimento hídrico ou não

TRATAMENTO	Fase Vegetativa	Floração	Enchimento dos grãos	Maturação
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				
T11				
T12				
T13				
T14				
T15				
T16				

■ : irrigação

□ : sem irrigação

5.1.3 Sistema de irrigação

O método de irrigação utilizado foi o gotejamento, com o cuidado de irrigar totalmente a área plantada da parcela. Para controlar a vazão e a pressão foi utilizado 1 registro para cada um dos 4 setores. Este sistema era constituído ainda pelo filtro de discos e manômetro para regular a pressão de entrada de água (Figura 2A). As mangueiras de 1 polegada eram conectadas nestes registros para distribuir a água pelos setores, sendo que ao final dela foi conectado um cotovelo de uma polegada com redução $\frac{3}{4}$ (Figura 2B). A cada duas parcelas foi colocado um “T” com redução $\frac{3}{4}$ (Figura 2C). Uma mangueira $\frac{3}{4}$ era

conectada nesta redução e ao final dela foi colocado um tampão (Figura 2D). Com o auxílio de uma furadeira foi realizado um pequeno furo nesta mangueira $\frac{3}{4}$ para instalar o conector inicial com registro (Figura 2E) e neste conector foi colocado a mangueira gotejadora para realizar a irrigação das parcelas (Figura 2F). Os tubos gotejadores (Figura 2G) estavam espaçados 20 cm entre si e ao final de cada mangueira gotejadora foi colocado um conector final (Figura 2H).



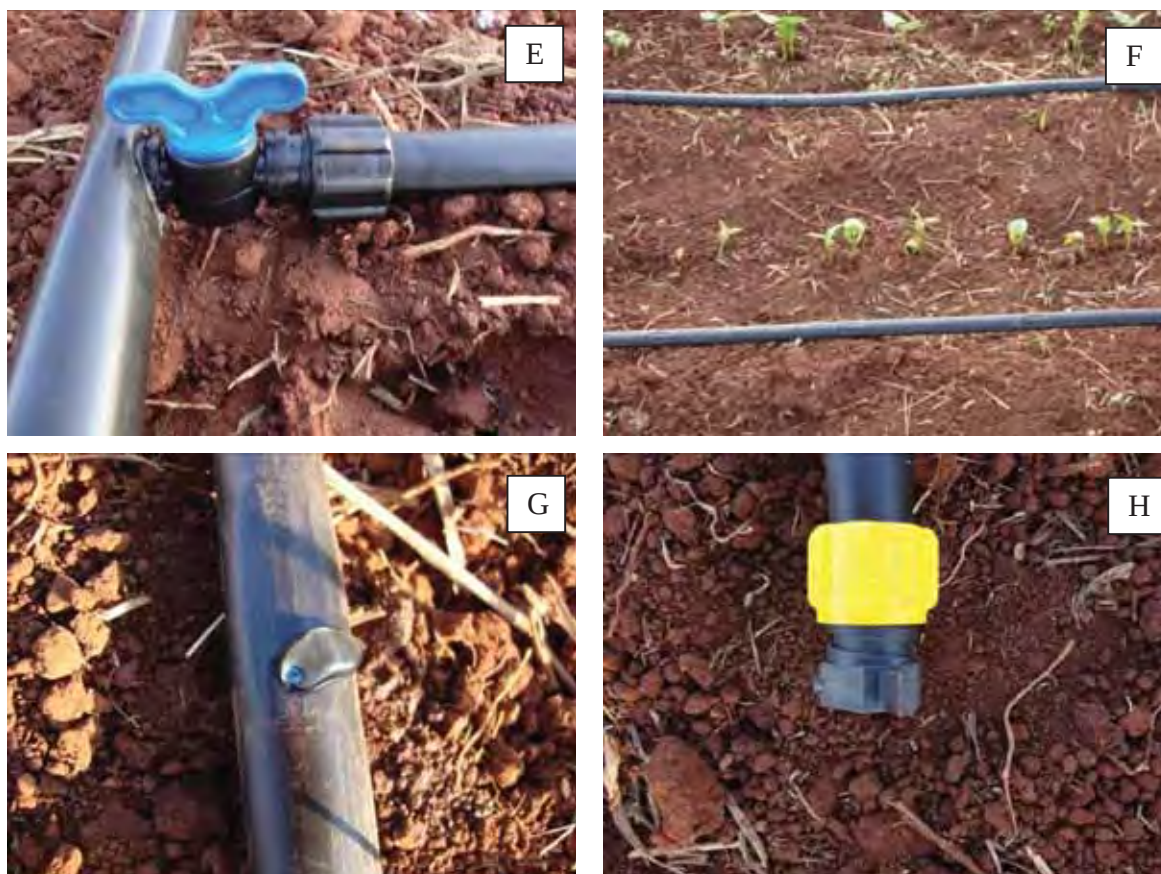


Figura 2. (A) Filtro de discos, manômetro e registros; (B) Cotovelo de 1' com redução $\frac{3}{4}$ '; (C) "T" com redução $\frac{3}{4}$ '; (D) Tampão $\frac{3}{4}$ '; (E) Conector inicial com registro; (F) Mangueira gotejadora; (G) Tubo gotejador espaçado 20 cm; (H) Conector final da mangueira gotejadora

A escolha deste sistema visou assegurar que não haveria interferência na aplicação de água de um tratamento em outro, o que poderia ocorrer com aspersão, devido à incidência de vento. Como a finalidade deste projeto era mostrar quais são as fases fenológicas em que se deve utilizar a irrigação de maneira a ter economia de água e que se tenha a melhor resposta da planta, o sistema de irrigação deveria apenas assegurar a aplicação dos tratamentos propostos.

Durante o ciclo da cultura foram realizadas 35 irrigações, totalizando uma lâmina total de aproximadamente 280 mm na parcela irrigada em todas as fases. A quantidade de chuva que caiu durante este período foi de 155 mm. A Tabela 5 mostra a quantidade de precipitação pluviométrica e a irrigação realizada em mm.

Tabela 4. Quantidade em mm da precipitação pluviométrica e lâmina aplicada durante o ciclo da cultura e fases

	Emergência	Vegetativa	Floração	Enchimento	Maturação	Total
Precipitação	58	0	8	78,7	11,2	155,9
Irrigação	16,9	148,2	87,6	16,1	13,2	282
Total	74,9	148,2	95,6	94,8	24,4	437,9

As irrigações foram realizadas visando elevar o teor de água do solo para o equivalente à capacidade de campo do solo. O turno de irrigação era fixo, de dois dias, e a quantidade de água a ser repostada era calculada pelo método do tanque Classe A. A equação para a determinação por esse método é:

Evapotranspiração de referência (mm dia)

$$Eto = K_p \cdot ECA$$

em que,

ECA – evaporação da água observada no Tanque Classe A

O coeficiente K_p foi estimado pela equação (Snyder, 1992):

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(B) - 0,000376(U) + 0,0045(UR)$$

em que,

B – área de bordadura (m)

U – velocidade média do vento a 2 m de altura

UR – a umidade relativa média diária

$$ET_{\text{feijão}} = Eto \cdot Kc$$

A Tabela 5 mostra o valor de Kc (Coeficiente da cultura) utilizado, sendo que este foi retirado do trabalho de Bizari et al., 2009.

Tabela 5. Valor de Kc retirado do trabalho de Bizari et al. (2009)

Dias após a emergência	Kc
12 a 35	0,79
36 a 56	1,18
57 a 70	1,24
71 a 79	1,15

5.1.4 Tratos culturais

Antes da instalação do experimento, foram realizadas operações como aragem, gradagem e enxada rotativa na área. Além da aplicação de calcário para aumentar a saturação por bases do solo.

No momento da semeadura (Figuras 3A e 3B) foram utilizados 200 kg.ha⁻¹ de 8-28-16. Vinte dias após a emergência, foi realizada a adubação de cobertura com 90 kg.ha⁻¹ de nitrogênio e 40 kg.ha⁻¹ de potássio.

Para controle de plantas daninhas foram realizadas três aplicações de herbicida de ação sistêmica, dos grupos químicos ácido ariloxipropiônico (i.a. flazifope) e difenil éter (i.a fomesafen), no decorrer do ciclo da cultura, sempre que necessário. Para a realização das aplicações utilizou-se pulverizador costal (Figura 3C).





Figura 3. (A) Momento da semeadura do feijoeiro; (B) Campo após a semeadura; (C) Pulverizador costal para a aplicação de herbicida.

5.1.5 Variáveis avaliadas

A análise de produção dentro da área útil levou em consideração as seguintes variáveis:

- Número total de vagens: determinou-se a média do número de vagens em 40% do total das plantas da área útil;
- Tamanho médio das vagens: determinou-se em 30 vagens retiradas ao acaso em cada parcela, sendo as mensurações realizadas com uma régua e um barbante;
- Número médio de grãos por vagem: efetuado em 30 vagens retiradas aleatoriamente em cada parcela;
- Número de grãos por planta: determinou-se a média do número de grãos nas plantas da parcela;
- Peso de 100 grãos: Determinou-se o peso de 100 grãos retirados aleatoriamente nas amostras. Para esta variável foi necessário saber o valor da umidade das amostras.

Umidade: duas amostras de semente, de aproximadamente 50 g cada uma, foram colocadas em estufa elétrica a 105°C durante 24 horas; após esse tempo, foram pesadas em balança de 0,01g de precisão e foi determinado o peso seco. O teor de água foi calculado utilizando-se a expressão abaixo, conforme Bezerra (1992).

$$\%U = \frac{(P_u - P_s)}{P_u} * 100$$

em que:

UU - grau de umidade na base úmida, em %

Pu - peso das sementes úmidas, em g

Ps - peso das sementes secas, em g

f) Produtividade: foi determinada a produção em cada parcela e, em seguida, os valores obtidos foram transformados em kg ha⁻¹. A correção da produtividade foi realizada para a umidade de 13%, conforme metodologia citada por Bezerra (1992).

$$PC = \frac{(100-U)}{87}$$

em que:

PC - produtividade corrigida para a umidade de 13%, em kg ha⁻¹

P - produtividade avaliada após a colheita, em kg ha⁻¹

U - teor de água dos grãos, determinado após a avaliação de P, em %

5.1.6 Indicadores Estatísticos

Foi realizado o teste de normalidade para avaliar a uniformidade de distribuição dos dados. Os únicos valores transformados foram os da produtividade (transformação logaritmica). Foi utilizado o pacote estatístico SAS para análise. Os dados foram submetidos a análises de variância e teste t a 5% de probabilidade. Também foi realizado teste de contrastes ortogonais entre a presença ou não de irrigação em cada fase fenológica do feijoeiro para comprovar a hipótese. Os gráficos foram feitos no programa SigmaPlot 11.0.

5.2 Experimento em Casa de Vegetação

5.2.1 Semeadura e adubação

Foram utilizados vasos de capacidade de 9 litros. Antes da semeadura foi realizada calagem do solo visando elevar a saturação por bases, além da adubação com 40 mg dm⁻³ de Nitrogênio, 200 mg dm⁻³ de Fósforo e 30 mg dm⁻³ de Potássio. As características físico-químicas do solo foram determinadas antes do plantio (Tabela 6).

Tabela 6. Atributos físico-químicos do solo utilizado no experimento em casa de vegetação determinados pelo Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA. Botucatu-SP

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Mn	Zn
CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						-----mg.dm ⁻³ -----				
5,9	20	77	20	1	28	17	46	66	70	0,2	0,8	0,8	0,3
Areia			Silte			Argila			Textura do				
-----g.dm ⁻³ -----									solo				
667			70			263			Média				

A semeadura foi realizada no dia 27 de maio de 2011, com 6 sementes por vaso. Depois de 10 dias foi feito o desbaste, deixando apenas 3 plantas por vaso. Foi utilizado 60 mg dm⁻³ de N e 30 mg dm⁻³ de K. Além disso, foi realizado cobertura com micronutrientes com Cobre, Zinco e Boro nas doses de 1,5 mg dm⁻³, 5 mg dm⁻³ e 0,5 mg dm⁻³ respectivamente.

Para a emergência, a irrigação foi igual para todos os tratamentos.

A Figura 4 mostra a temperatura máxima e a temperatura mínima dentro da Casa de Vegetação durante o desenvolvimento do feijoeiro.

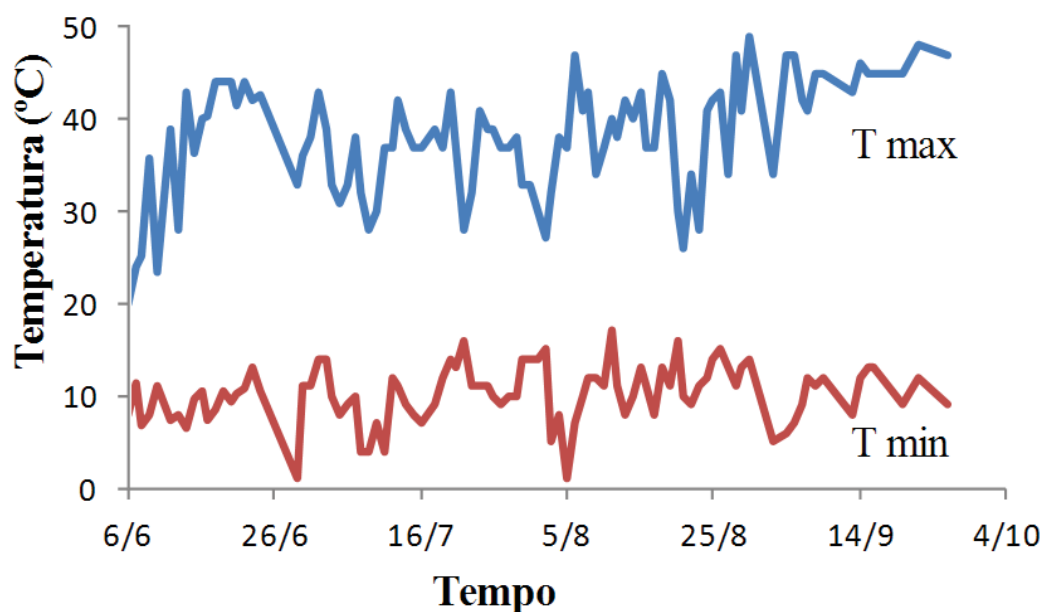


Figura 4. Temperaturas máximas e mínimas ($^{\circ}\text{C}$) no interior da casa de vegetação durante a condução do Experimento II.

5.2.2 Delineamento Estatístico

Para os vasos em casa de vegetação, as fases fenológicas do feijoeiro foram divididas em 5 fases mas com algumas diferenças (Tabela 7). O número de tratamentos foi de 32 (Tabela 8), com 4 repetições, sendo que a fase semeadura-emergência do experimento 2010 foi substituído pela fase emergência – V4 (3 trifólios completamente expandidos), assim como a fase vegetativa foi substituída pela fase V4 (3 trifólios completamente expandidos) até início florescimento. Além disso, foi incluída a fase formação das vagens entre a floração e o enchimento de vagens. A irrigação na fase maturação também foi retirada.

Tabela 7. Duração média para as diferentes fases estabelecidas

Fases da cultura	Dias após a semadura	Duração
Emerg – V3	15	15
V4 – Início do florescimento	30	15
Florescimento	45	15
Formação de Vagens	60	15
Enchimento de Vagens	75	15

Tabela 8. Tratamentos com as 32 combinações possíveis envolvendo fases da cultura do feijoeiro e o fornecimento hídrico ou não

	Em à V3	V4 – R7	Floração	Formação	Enchimento
T1					
T2					
T3					
T4					
T5					
T6					
T7					
T8					
T9					
T10					
T11					
T12					
T13					
T14					
T15					
T16					
T17					
T18					
T19					
T20					
T21					
T22					
T23					
T24					
T25					
T26					
T27					
T28					
T29					
T30					
T31					
T32					

■ : irrigação

□ : sem irrigação

Os vasos eram irrigados quando a tensão crítica chegava 30-35 kPa, valor detectado com o auxílio do tensiômetro. Utilizava-se a média de leitura de 5 tensiômetros para decidir se era ou não realizado a irrigação. Quando esta tensão era atingida, os tratamentos que estavam sendo irrigados recebiam 800 mL de água. Esta quantidade foi calculada de acordo com a curva de retenção de água no solo. Os tensiômetros foram instalados a uma profundidade de 15 cm.

Os tratamentos que não eram irrigados recebiam 25% desta quantidade de água, para sua sobrevivência.

5.2.3 Variáveis avaliadas

A análise de produção em cada vaso levou em consideração as seguintes variáveis:

- a) Número total de vagens por planta: determinou-se a média do número de vagens por vaso;
- b) Número médio de grãos por planta: determinou-se a média do número de grãos por vaso;
- c) Número de grãos por vagem: efetuado em todas as vagens em cada vaso;
- d) Tamanho médio das Vagens: determinou-se a média do tamanho de todas as vagens de cada vaso, sendo as mensurações realizadas com uma régua e um barbante;
- e) Produtividade: foi determinada a produção em cada vaso em gramas (g). A correção da produtividade foi realizada para a umidade de 13%, conforme metodologia citada por Bezerra (1992).

$$PC = \frac{100-U}{87}$$

em que:

PC - produtividade corrigida para a umidade de 13%, em kg ha⁻¹

P - produtividade avaliada após a colheita, em kg ha⁻¹

U - teor de água dos grãos, determinado após a avaliação de P, em %

Umidade: cálculos no item 5.1.5 (e).

5.2.4 Indicadores Estatísticos

Os dados foram submetidos a análises de variância e teste t a 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico SAS para rodar os dados. Também foi realizado teste de contrastes ortogonais entre a presença ou não de irrigação em cada fase fenológica do feijoeiro para comprovar a hipótese. Os gráficos foram feitos no programa SigmaPlot 11.0.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento no campo

a) Temperatura e precipitação

Durante a fase vegetativa, a cultura ficou por aproximadamente 15 dias com temperatura média próxima de 10°C, chegando próximo a 5°C em alguns períodos (Figura 5). Uma vez que o feijoeiro não é tolerante a temperaturas baixas, este não se desenvolveu com todo potencial produtivo que se obtém em condições climáticas adequadas.

A Figura 5 mostra ainda a precipitação durante o ciclo da cultura, em que se pode observar uma quantidade significativa durante a emergência das plântulas e outra quantidade ao final do ciclo.

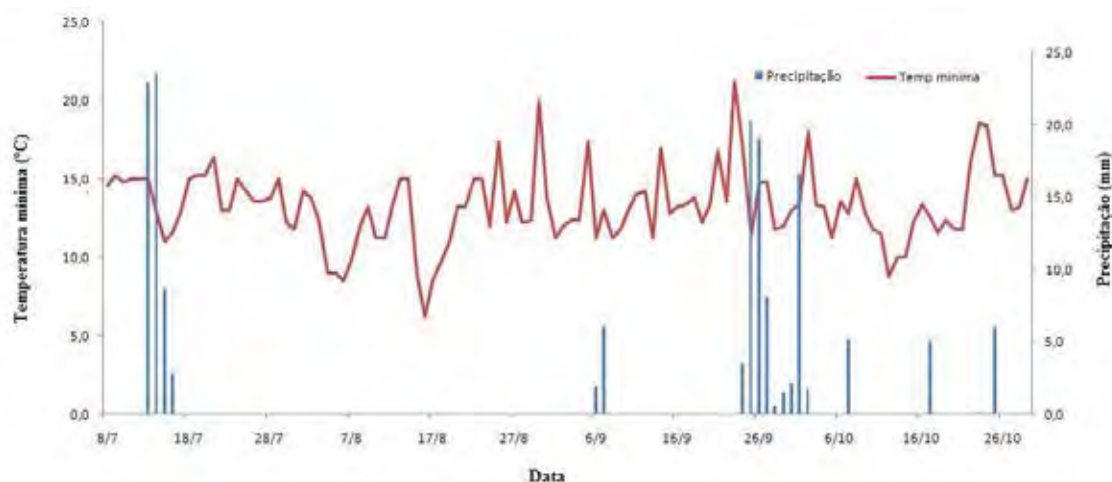


Figura 5. Temperatura mínima e precipitação durante o ciclo da cultura

A ocorrência de baixa temperatura se manifestou na baixa quantidade de vagens e baixa produtividade, como será visualizado adiante nos resultados e discussão, porém houve diferenciação dos tratamentos.

6.1.1 Todos os tratamentos

Após a semeadura do experimento I, ocorreu uma chuva de 58 mm na primeira semana, auxiliando na emergência das plântulas em todas as parcelas. Antes do experimento, a emergência seria uma das fases críticas considerada. Por causa da chuva, os tratamentos com e sem emergência, mas com combinações iguais foram agrupados, gerando um total de 8 repetições por tratamento.

A Tabela 9 mostra a média das variáveis avaliadas, com as respectivas letras mostrando se ocorreu diferença significativa a 5% de probabilidade entre os tratamentos.

Tabela 9. Média dos diferentes tratamentos para as variáveis: NV (Número Total de Vagens), TmV (Tamanho médio das Vagens), NGV (Número de Grãos por Vagem), NGP (Número de Grãos por Planta), Peso de 100 grãos e Prod (Produtividade (kg.ha⁻¹))

T	NV		TmV		NGV		NGP		Peso 100 g		Prod	
1	90,5	f	6,1	efg	2,4	G	3,7	e	22,4	bcd	146,5	de
2	114,9	def	7,3	bc	3,6	C	7	cdef	22,5	abcd	280,7	cde
3	133,3	cde	6,8	cd	3,3	Cde	8,1	c	21,6	cd	293,7	cde
4	99	ef	6,0	fg	2,4	G	3,9	ef	21,8	bcd	150,6	de
5	90,4	f	6,2	ef	2,6	Fg	4,1	ef	21,2	cd	119,1	e
6	262,1	a	7,7	b	4,1	Ab	22,2	a	23,2	abc	845,9	ab
7	122,8	cdef	6,6	de	3,4	Cd	7,7	cd	21,4	cd	323,6	cd
8	115,0	def	6,1	efg	3,0	Ef	6,3	cdef	21,2	cd	252,6	cde
9	153,4	bc	6,2	ef	3,1	Def	9,2	c	24,0	ab	349,9	c
10	127,5	cdef	5,9	fg	2,7	Fg	6,5	cdef	21,4	cd	275,5	cde
11	104,9	ef	5,5	g	2,4	G	4,4	def	21,8	bcd	154,0	de
12	226,1	a	7,2	bcd	3,7	Bc	17,0	b	22,6	abcd	681,4	b
13	179,9	b	7,6	b	4,1	Ab	14,8	b	23,9	ab	782,5	ab
14	119,5	cdef	6,2	ef	3,1	Def	6,6	cdef	20,8	d	238,5	cde
15	146,8	bcd	5,8	fg	2,8	Efg	7,5	cde	22,1	bcd	265,3	cde
16	247,0	a	8,4	a	4,3	A	21,2	a	24,8	a	876,2	a

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t

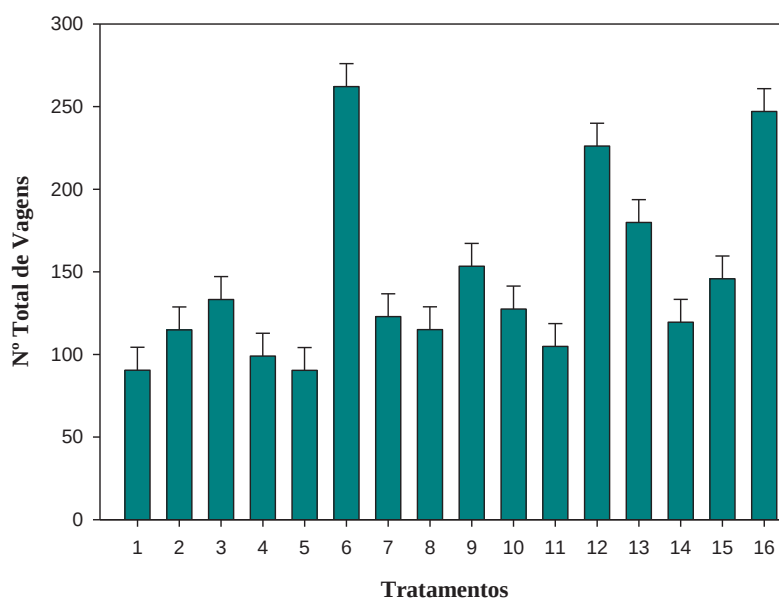


Figura 6. Número total de vagens nos diferentes tratamentos, descritos na Tabela 3. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Observou-se que o número médio de vagens diminuiu de aproximadamente 250 (irrigação em todas as fases) para aproximadamente 90 (na ausência total de irrigação), mostrando que a variável NV (número vagens) foi fortemente afetado pela falta de água (Figura 6). De acordo com Nascimento et al. (2004), o componente NV foi grandemente afetado pelos níveis de estresse hídrico e com mais severidade que nos outros componentes, em todos os níveis de déficit hídrico impostos. Miranda e Belmar (1977) e Stone *et al.* (1988) também observaram redução no número de vagens por planta em feijoeiros submetidos à deficiência hídrica.

Os tratamentos 2, 4, 5, 7, 8, 11, 14 não diferiram do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases.

A variável NV foi fortemente afetada pela supressão de água na floração (é o tratamento mais crítico em relação ao NV), sendo que este tratamento não diferiu do tratamento com ausência de água em todas as fases. De acordo com Guimarães (1988), se o déficit ocorrer durante a floração, provoca abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens por planta.

A variável NV foi fortemente afetada quando se realizou a irrigação em apenas uma fase. Isso pode ser comprovado pelo fato que todos os tratamentos com apenas uma fase irrigada apresentaram diferença quando comparada com a irrigação em todas as fases.

O tratamento com supressão de irrigação em todas as fases não diferiu dos outros tratamentos em que foi realizada apenas uma irrigação, com exceção do tratamento em que se irrigou durante a floração. A irrigação na floração não diferiu da irrigação na fase vegetativa. Apesar da pouca diferença, isso mostra que é essencial realizar irrigação no feijoeiro durante a floração e fase vegetativa.

A variável NV foi maior nos tratamentos com irrigação em todas as fases e com irrigação nas fases vegetativa/floração (T6) (em torno de 250 vagens em média), sendo que estes dois tratamentos não diferiram entre si.

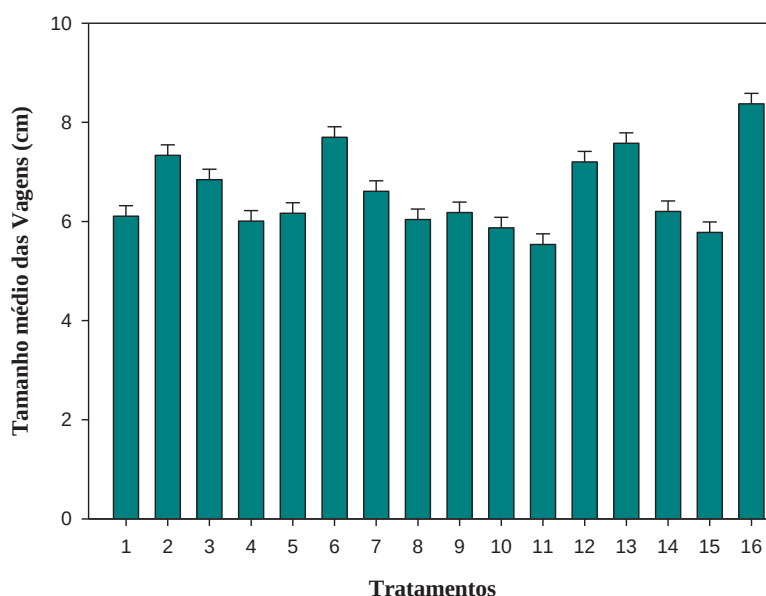


Figura 7. Tamanho médio das vagens (cm) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O Tamanho médio das vagens (cm) diminuiu aproximadamente 2 cm quando comparada a irrigação em todas as fases (ao redor de 8,37 cm) e em nenhuma das fases (aproximadamente 6,11 cm), mostrando que esta variável é afetada pela falta de água. Isso é

comprovado pelo fato de todos os tratamentos diferirem do tratamento com irrigação em todas as fases.

A supressão de água em qualquer fase do feijoeiro prejudica o tamanho médio das vagens. Isso foi constatado pelo fato de que todos os tratamentos diferiram do tratamento com irrigação em todas as fases. Um dos tratamentos com menor tamanho de vagens foi aquele em que ocorreu supressão da irrigação apenas na fase vegetativa (T15).

O tamanho médio das vagens (cm) foi maior nos tratamentos com irrigação em todas as fases e irrigação apenas nas fases vegetativa/floração (T6). Estes dois tratamentos não diferiram entre si. Os tratamentos com ausência de irrigação apenas na fase vegetativa (T15) e com ausência de irrigação apenas na floração (T14) não diferiram entre si. Isso comprova que os tratamentos com supressão de água na fase vegetativa (T15) e floração (T14) foram os mais afetados quanto ao tamanho de vagens.

Os tratamentos com irrigação apenas na maturação (T13) ou apenas no enchimento de grãos (T12) não diferiram do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (T1). Além disso, estes dois tratamentos (irrigação no enchimento de grãos (T12) e na maturação (T13)) não diferiram entre si.

O tamanho médio de vagens não diferiu nos tratamentos com irrigação apenas na floração (T3) e com irrigação apenas na fase vegetativa (T2).

O tratamento com supressão em todas as fases (T1) não diferiu dos tratamentos em que ocorreu supressão de irrigação vegetativa/enchimento (T10), vegetativa/maturação (T9), floração/enchimento de grãos (T8), floração/maturação (T7) e vegetativa/floração (T11).

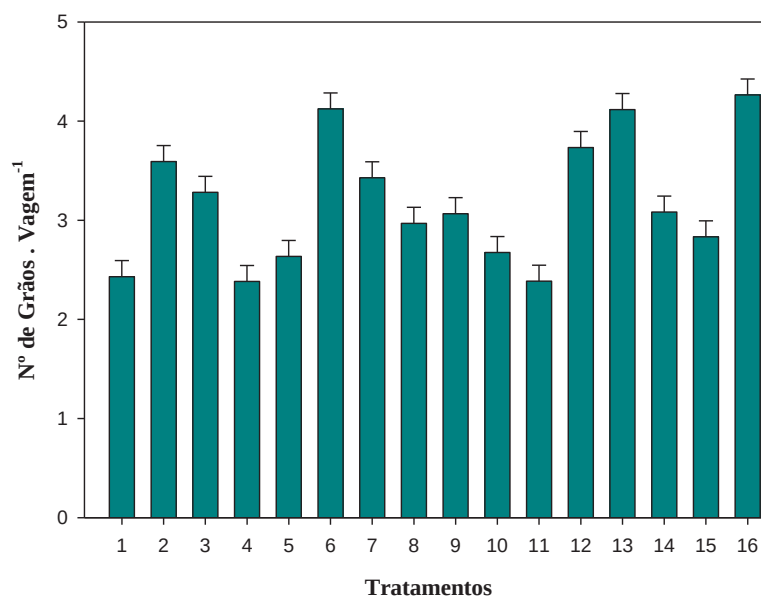


Figura 8. Número médio de grãos por vagem nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Para o NGV (número médio de grãos por vagem) nota-se um acentuado declínio quando comparada a irrigação em todas as fases (T16) (em média 4,26 grãos por vagem) com a supressão de irrigação em todas as fases (T1) (em média 2,43 grãos por vagem). A ausência de água reduziu o número médio de grãos em quase metade.

A supressão de água em todas as fases (T1) não diferiu do tratamento com irrigação apenas no enchimento de grãos (T4) e na irrigação apenas na maturação (T5). Estes dois últimos tratamentos (T4 e T5) não diferiram entre si.

Na supressão da irrigação na maturação (T 13), o número médio de grãos por vagem (NGV) não diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases (T2). Já a supressão de irrigação apenas no enchimento de grãos (T4) diferiu da irrigação em todas as fases (T16). De acordo com Guimarães (1988), a formação de sementes será prejudicada caso o déficit ocorra no enchimento de grãos.

O tratamento com supressão de irrigação na fase vegetativa (T15) não diferiu quanto ao número médio de grãos por vagem quando comparado com o tratamento com supressão em todas as fases (T1). A supressão apenas na fase vegetativa (T15) não diferiu

do tratamento com a supressão da irrigação apenas na floração (T14). A variável NGV foi mais afetada nos tratamentos com supressão de água na fase vegetativa e/ou floração (T11, T14 e T15). O número de grãos por vagem (NGV) diminuiu quando não ocorreu uma combinação de irrigação nas fases Vegetativa e Floração. Não houve diferença entre a irrigação em todas as fases (T2) e a Irrigação apenas nas fases vegetativa e floração (T6).

O tratamento com supressão de irrigação em todas as fases fenológicas (T1) não diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases floração/maturação (T10) e enchimento/maturação (T11), mas diferiu em de todos os outros tratamentos considerados.

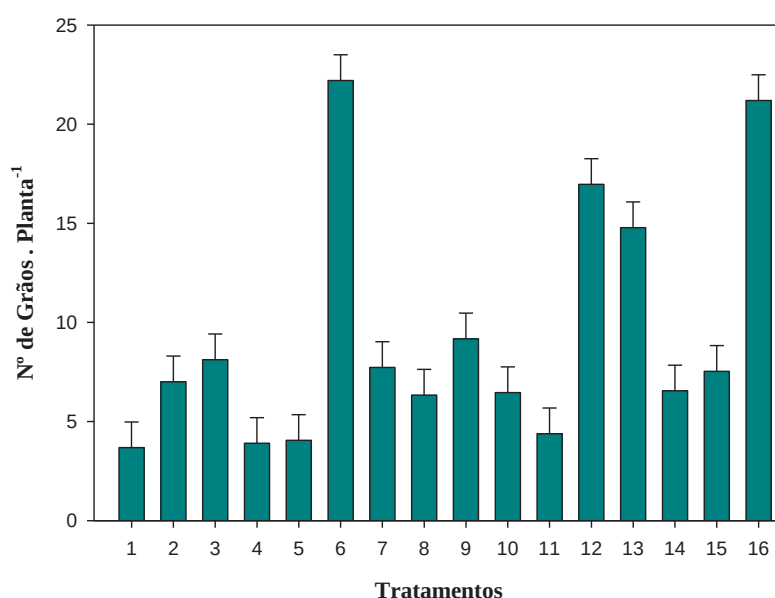


Figura 9. Número médio de grãos por planta nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O número de grãos por planta (NGP) foi muito afetado pela supressão da irrigação em alguma das fases. O NGP caiu de aproximadamente 20 (irrigação em todas as fases(T16)) para aproximadamente 4 (supressão de irrigação em todas as fases (T1)). Os tratamentos com falta de irrigação na fase vegetativa (T15) e na floração (T14) foram os mais afetados, sendo que não houve diferença entre eles. A supressão da irrigação apenas na floração (T14) não diferiu do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (T1).

Constatou-se que os tratamentos com a irrigação apenas no enchimento de grãos (T12) e apenas na maturação (T13) não demonstraram diferença entre si e em relação ao tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (T1).

Para o número de grãos por planta (NGP), os tratamentos com irrigação em todas as fases (T16) e com irrigação apenas nas fases vegetativa/floração (T6) foram os que obtiveram os maiores valores e que não diferiram entre si.

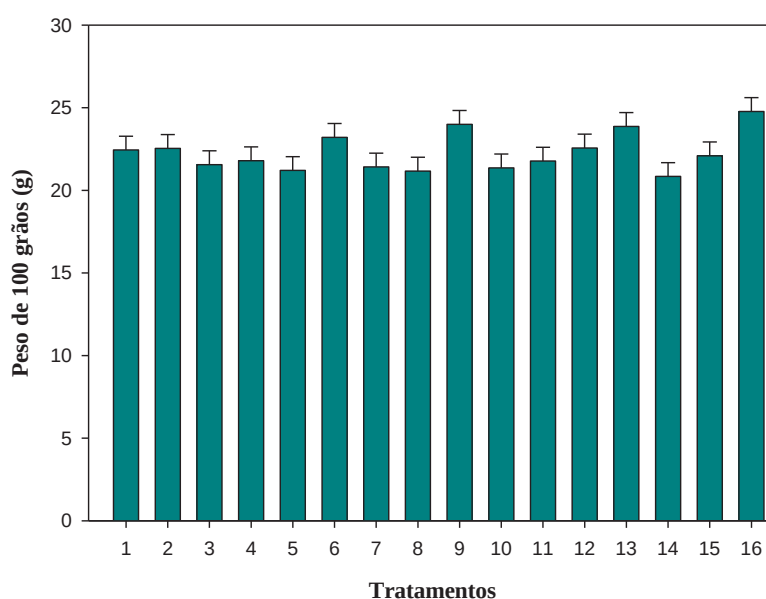


Figura 10. Peso de 100 grãos (g) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

A supressão de irrigação em todas as fases (T1) não diferiu de nenhum tratamento.

O peso de 100 grãos (g) foi mais afetado nos tratamentos com supressão da irrigação na fase vegetativa (T15) e supressão na floração (T14), sendo que estes dois tratamentos diferiram do tratamento com irrigação em todas as fases (T16).

Os tratamentos com irrigação apenas na floração (T14), apenas no enchimento de grãos (T12) e apenas na maturação (T13) diferiram do tratamento com irrigação em todas as fases (T16).

Os tratamentos com irrigação em todas as fases (T16) e com irrigação apenas nas fases floração/enchimento (T9) não diferiram entre si, mas os dois tratamentos

diferiram dos tratamentos com irrigação na vegetativa/enchimento (T7), vegetativa/maturação (T8) e floração/maturação (T10).

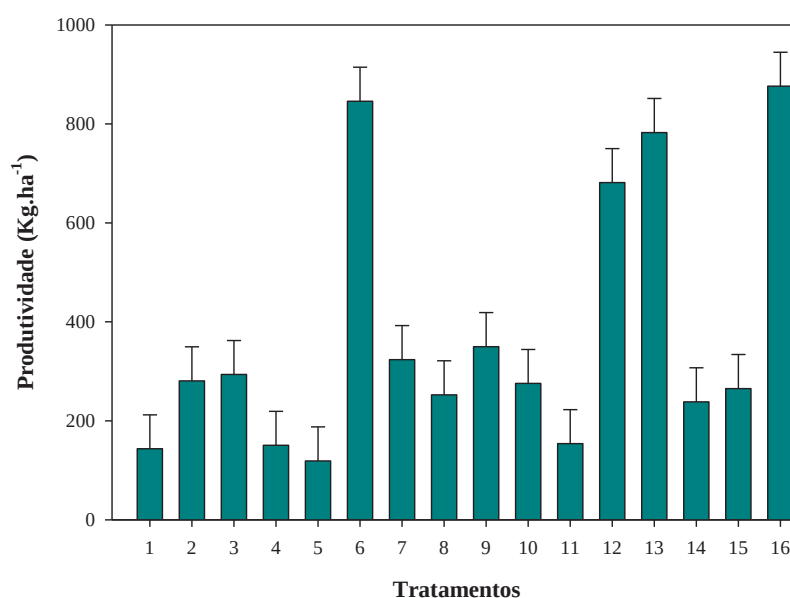


Figura 11. Produtividade (kg ha⁻¹) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Percebe-se pela Figura 11 que a irrigação em todas as fases (T16) não diferiu dos tratamentos em que se irrigou nas fases vegetativa/floração (T6) e nas fases vegetativa/floração/enchimento (T13). Além disso, nota-se que ocorreu queda da produtividade de 10,7% nos tratamentos em que ocorreu supressão da irrigação apenas maturação (T13). Este tratamento não comprova a hipótese de que a supressão do fornecimento de água em alguma fase ou em algumas fases do desenvolvimento do feijoeiro irrigado pode resultar em redução de produtividade de pelo menos de 20%. Já no tratamento em que é realizada irrigação nas fases vegetativa/floração/maturação (T12) ocorreu redução de produtividade ao redor de 22,2%, comprovando a hipótese. Este tratamento (T12) diferiu significativamente da irrigação em todas as fases (T16), a 5% de probabilidade.

Já a partir dos tratamentos em que não ocorreu a combinação de irrigação nas fases vegetativa e floração (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 e T12), a produtividade diminui drasticamente, chegando ao redor de 60% da produtividade irrigada em todas as fases (T16). Logo, a queda de produtividade foi maior nos tratamentos com supressão de irrigação nas fases vegetativa e/ou floração. Isso não ocorreu com Bezerra et

al. (2003), em que o déficit hídrico no enchimento de grãos foi o que causou maior redução na produtividade no feijão caupi. O déficit hídrico em duas fases fenológicas causou maior redução na produtividade, quando aplicado nos estádios vegetativo e florescimento, sendo que no trabalho de Bezerra et al. (2003) a maior redução de produtividade ocorreu quando o déficit foi aplicado nos estádios vegetativo e enchimento de grãos no feijão caupi. De acordo com Guimarães (1988), o déficit hídrico na fase vegetativa do desenvolvimento do feijoeiro tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas; e o déficit hídrico durante a floração, provoca abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens e consequentemente no rendimento de grãos.

A supressão da irrigação em todas as fases (T1) não alterou-se significativamente à 5% de probabilidade dos tratamentos onde a irrigação foi realizada em uma única fase (maturação (T5), enchimento (T4), vegetativa (T2) e floração(T3)), na combinação de irrigação em duas fases (enchimento/maturação (T11), vegetativa/maturação (T8), floração/maturação (T10)) e na combinação de irrigação de três fases (vegetativa/enchimento/maturação (T14) e floração/enchimento/maturação (T15)). Alguns tratamentos sofreram queda de mais de 80% da produtividade quando comparados com a irrigação em todas as fases (T16). Estes tratamentos correspondem à supressão de irrigação em todas as fases (T1), a irrigação apenas na fase maturação (T5) e apenas no enchimento de grãos (T4) e na combinação destas duas fases (T11). Os tratamentos que consistiram em irrigação apenas na fase vegetativa (T2), apenas na floração (T3), vegetativa com as combinações enchimento/maturação (T7, T8 e T14) e floração com as combinações enchimento/maturação (T9, T10 e T15) não demonstraram diferença significativa a 5% de probabilidade.

Em relação à irrigação em todas as fases, a supressão da irrigação na fase vegetativa reduziu a produtividade em 69,7%. Guimarães (1988) cita que o déficit hídrico na fase vegetativa do desenvolvimento do feijoeiro, tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas.

Quando a supressão da irrigação ocorreu na floração, a produtividade do feijoeiro reduziu em 72,8% quando comparado com a irrigação em todas as fases. Guimarães (1988) menciona também que o déficit hídrico durante a floração, provoca

abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens e consequentemente no rendimento de grãos.

6.1.2 Ausência de Irrigação em uma das Fases

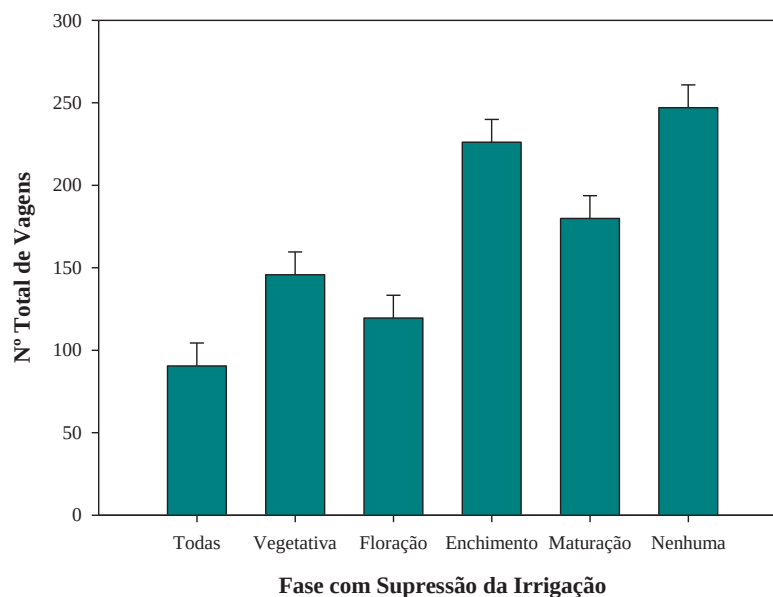


Figura 12. Número total de vagens na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Observou-se pela Figura 12 que o número total de vagens diminuiu de aproximadamente 250 (irrigação em todas as fases) para aproximadamente 90 (na ausência total de irrigação), mostrando que o NV (número vagens) é muito afetado pela falta de água. De acordo com Nascimento et al. (2004), o componente NV foi grandemente afetado pelos níveis de estresse hídrico e com mais severidade que o ocorrido nos outros componentes, em todos os níveis de déficit hídrico impostos pelos tratamentos. Miranda e Belmar (1977) e Stone *et al.* (1988) também observaram redução no número de vagens por planta em feijoeiros submetidos à deficiência hídrica.

A supressão da irrigação no enchimento de grãos não diferiu da irrigação em todas as fases. E a ausência de irrigação na maturação não diferiu dos tratamentos

com supressão da irrigação no enchimento de grãos. Guimarães (1988) cita que se o déficit ocorrer durante o enchimento de grãos, a formação de sementes será prejudicada e ocorrerá redução de seu peso.

Os tratamentos que mais foram afetados pela falta de água foram os que sofreram supressão de água apenas na fase vegetativa e apenas na floração, sendo que estes dois tratamentos não diferiram. De acordo com Karamanos *et al.* (1982), a ocorrência de estresse hídrico durante a fase vegetativa inicial, provoca redução do crescimento e da superfície fotossintética, ocorrendo consequentemente, menor número de flores, de vagens por planta e de grãos por vagens. Durante a fase do desenvolvimento do feijoeiro, o déficit hídrico tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas.

A variável NV foi fortemente afetada pela supressão de água na floração, sendo que este tratamento não diferiu do tratamento com ausência de água em todas as fases. De acordo com Guimarães (1988), se o déficit ocorrer durante a floração, provoca abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens por planta.

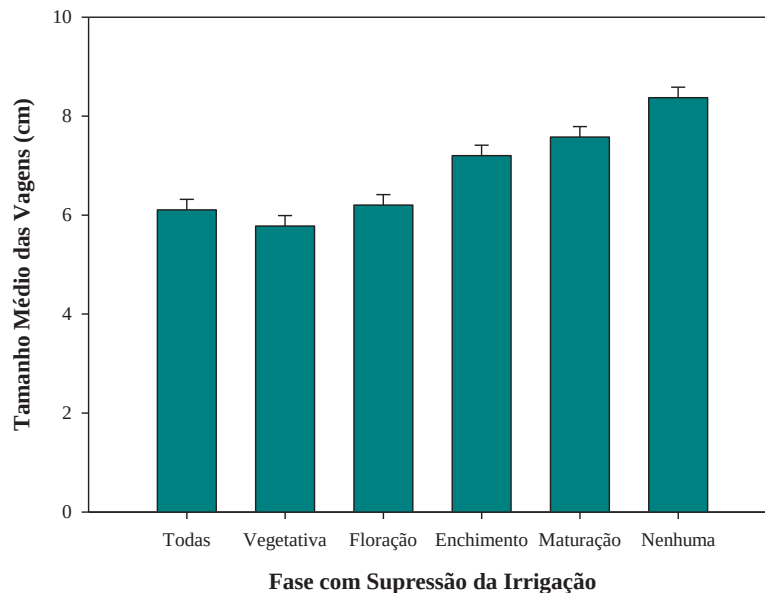


Figura 13. Tamanho médio das vagens (cm) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

A supressão de água em qualquer fase do feijoeiro prejudica o tamanho das vagens. Isso foi constatado pelo fato de todos os tratamentos diferirem da irrigação em todas as fases. O menor tamanho de vagens foi observado no tratamento que ocorreu supressão da irrigação na fase vegetativa, mas esta não diferiu do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases.

O tamanho das vagens seguiu a mesma tendência do NVP, sendo que a supressão de água nas fases de enchimento de grãos e na maturação não diferiram entre si. A ausência de irrigação nas fases vegetativa e na floração não diferiram entre si e também em relação ao tratamento com supressão de água em todas as fases. Isso comprova que os tratamentos com supressão de água nas fases vegetativa e floração foram os mais afetados quanto à variável tamanho de vagens.

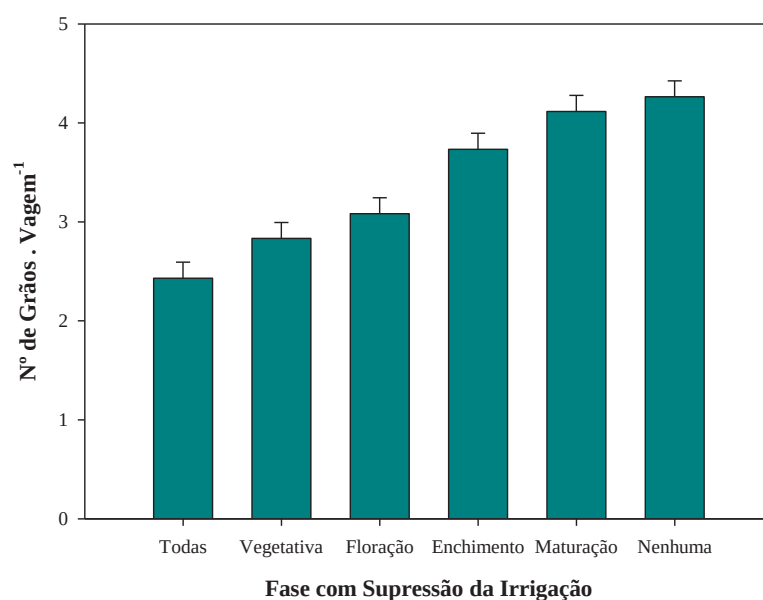


Figura 14. Número médio de grãos por vagem na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Na supressão da irrigação na maturação o número médio de grãos por vagem (NGV) não diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases. Já a supressão de irrigação no enchimento de grãos mostrou diferença em relação ao tratamento com irrigação em todas as fases. De acordo com Guimarães (1988), a formação de sementes será prejudicada caso o déficit ocorra no enchimento de grãos.

A supressão de irrigação na fase vegetativa não diferiu no NGV quando comparado com o tratamento com supressão em todas as fases. A supressão na fase vegetativa não diferiu do tratamento com supressão na floração. A variável NGV foi mais afetada nos tratamentos com supressão de água na fase vegetativa e floração.

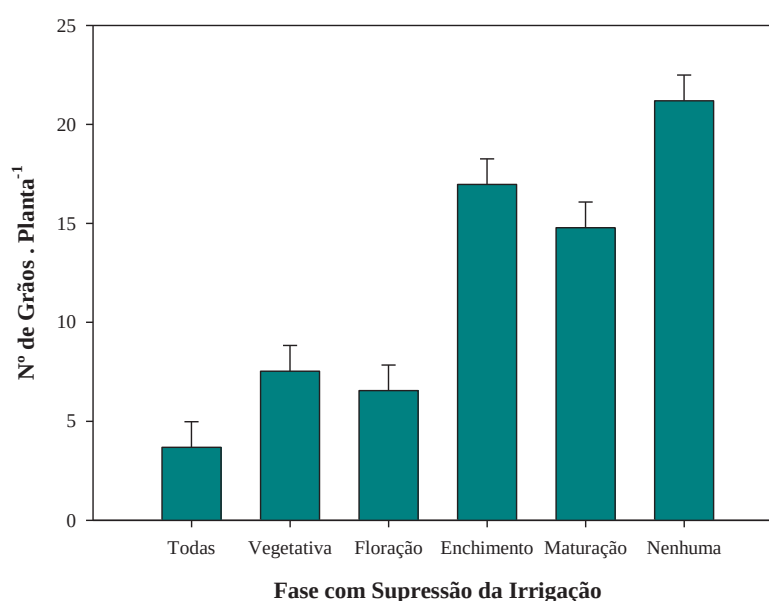


Figura 15. Número médio de grãos por planta na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O número de grãos por planta (NGP) foi fortemente afetada pela supressão da irrigação em alguma fase. O NGP de aproximadamente 20 (irrigação em todas as fases) para aproximadamente 4 (supressão de irrigação em todas as fases). O NGP foi mais afetado nos tratamentos com falta de irrigação nas fases vegetativa e na floração, sendo que

não houve diferença entre eles. A supressão da irrigação na floração não diferiu da supressão de irrigação em todas as fases.

A irrigação em todas as fases diferiu de todos os tratamentos com supressão da irrigação em apenas uma fase.

Não ocorreu diferença significativa entre o tratamento com supressão da irrigação no enchimento de grãos e o tratamento com supressão de água durante a maturação.

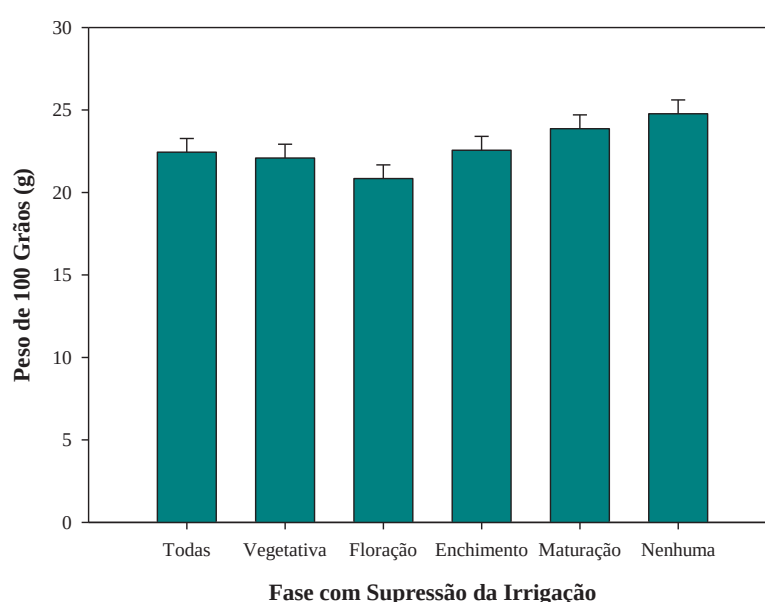


Figura 16. Peso de 100 grãos na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Os tratamentos com supressão da irrigação na fase vegetativa e na floração foram afetados quanto ao peso de 100 grãos (g), sendo que estes dois tratamentos diferiram do tratamento com irrigação em todas as fases.

O tratamento com supressão de irrigação em todas as fases não diferiu dos tratamentos considerados.

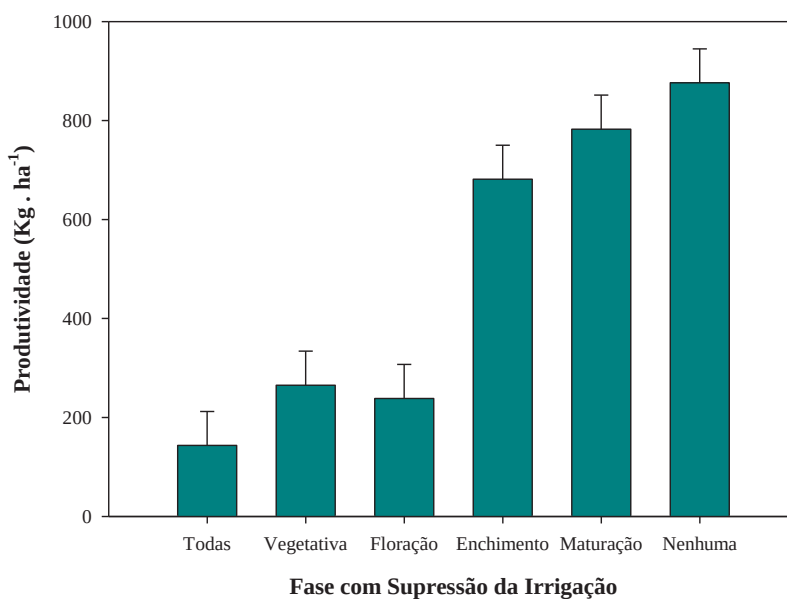


Figura 17. Produtividade (kg ha⁻¹) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Percebe-se que a irrigação em todas as fases não diferiu dos tratamentos em que ocorreu supressão da irrigação na maturação. Além disso, nota-se que ocorreu diminuição da produtividade de 22,2% e 10,7% nos tratamentos em que ocorreu supressão da irrigação no enchimento e na maturação, respectivamente. A supressão de irrigação na maturação é a única que não comprova a hipótese de que supressão do fornecimento de água em alguma fase do feijoeiro irrigado pode resultar em redução de produtividade de, pelo menos, de 20%.

Como nas outras variáveis, os tratamentos mais afetados na produtividade foram: supressão da irrigação na fase vegetativa e supressão da irrigação na floração. Estes dois tratamentos não diferiram do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases.

Em relação à irrigação em todas as fases, a supressão da irrigação na fase vegetativa reduziu a produtividade em 69,7%. Guimarães (1988) cita que o déficit hídrico

na fase vegetativa do desenvolvimento do feijoeiro, tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas.

Quando a supressão da irrigação ocorreu na floração, a produtividade do feijoeiro reduziu em 72,8% quando comparado com a irrigação em todas as fases. Guimarães (1988) menciona também que o déficit hídrico durante a floração, provoca abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens e consequentemente no rendimento de grãos.

6.1.3 Irrigação em apenas umas das fases fenológicas

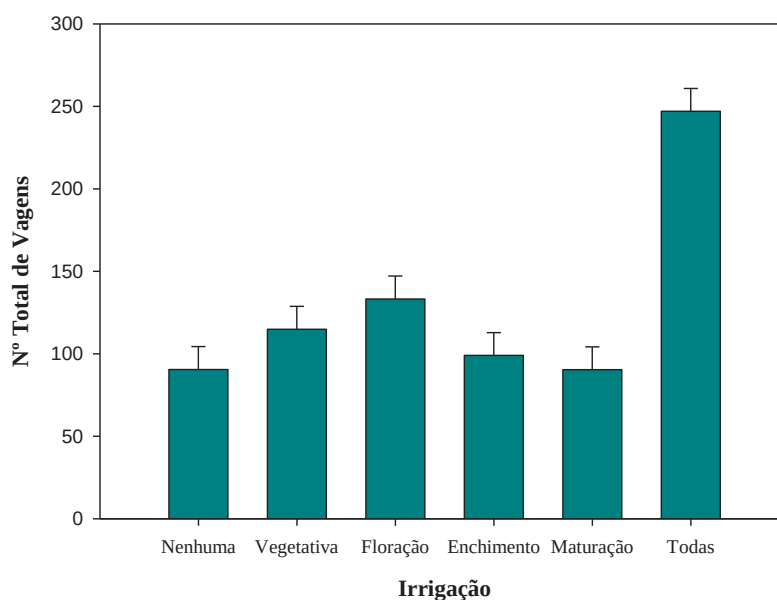


Figura 18. Número total de vagens quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O número total de vagens (NV) foi fortemente afetado quando se realizou a irrigação em apenas uma fase. Isso pode ser comprovado pelo fato que todos os tratamentos diferiram daquele com irrigação em todas as fases. O NV teve uma redução de aproximadamente 250 vagens (para a irrigação em todas as fases) para aproximadamente 100 vagens (média dos outros tratamentos).

A supressão de irrigação em todas as fases não diferiu significativamente dos outros tratamentos em que foi realizada apenas uma irrigação, com exceção do tratamento em que se irrigou durante a floração. A irrigação na floração não diferiu da irrigação na fase vegetativa. Apesar da pouca diferença, isso mostra que é essencial realizar irrigação no feijoeiro durante a Floração e fase Vegetativa.

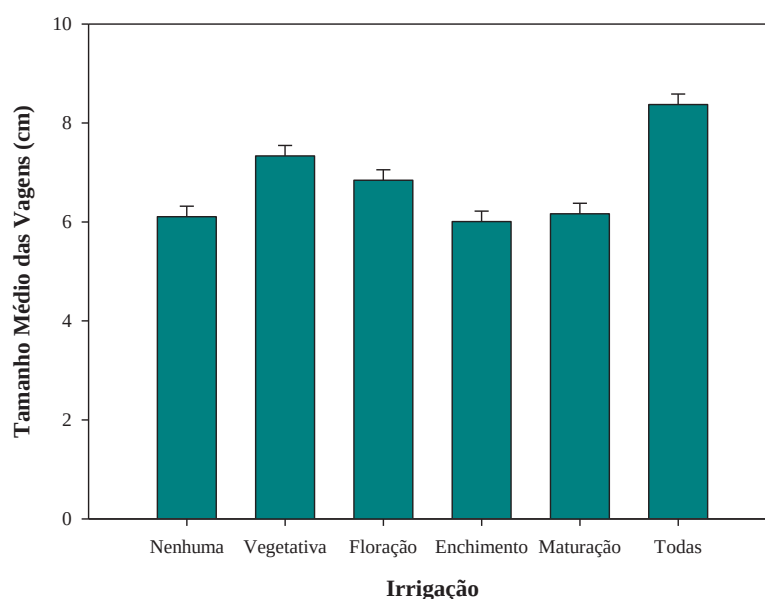


Figura 19. Tamanho médio das vagens (cm) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O tamanho médio das vagens (cm) diminuiu aproximadamente 2 cm quando se comparou a irrigação em todas as fases (ao redor de 8,4 cm) com os outros tratamentos (aproximadamente 6,5 cm), mostrando que também esta variável é afetada pela falta de água. Isso é comprovado pelo fato de todos os tratamentos diferirem do tratamento com irrigação em todas as fases.

Os tratamentos com irrigação apenas na maturação e apenas no enchimento de grãos não diferiram da supressão de irrigação em todas as fases. Além disso, estes dois tratamentos (irrigação no enchimento de grãos e na maturação) não diferiram entre si.

O tamanho médio de vagens não mostrou diferença entre os tratamentos com irrigação apenas na floração e com irrigação apenas na fase vegetativa.

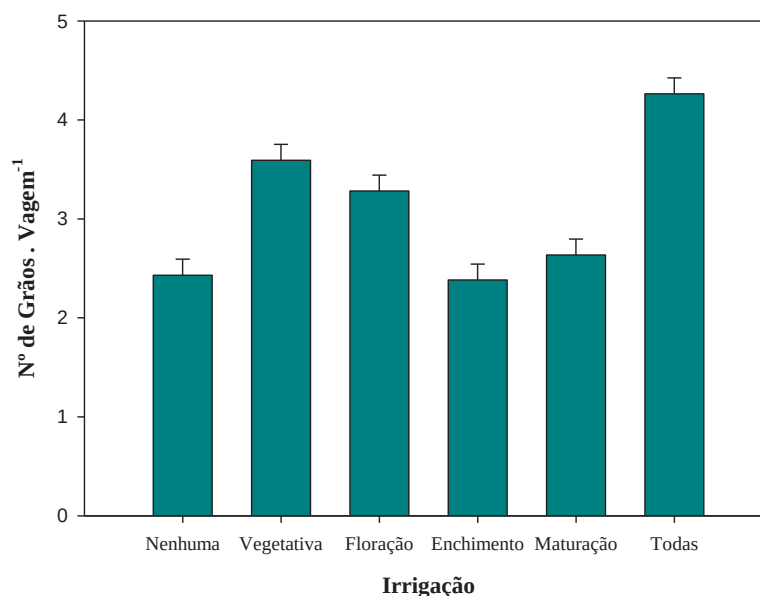


Figura 20. Número médio de grãos por vagem quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O NGV (número médio de grãos por vagem) mostrou acentuado declínio quando se comparou a irrigação em todas as fases (em média 4,26 grãos por vagem) com a supressão de irrigação em todas as fases, irrigação apenas na maturação e apenas no enchimento de grãos (em média 2,5 grãos por vagem). A ausência de água reduziu o número médio de grãos em quase metade.

A supressão de água em todas as fases não diferiu na irrigação apenas no enchimento de grãos e na irrigação apenas na maturação. Estes dois últimos tratamentos citados não diferiram entre si.

O NGV diferiu quando comparado a irrigação em todas as fases com todos os outros tratamentos.

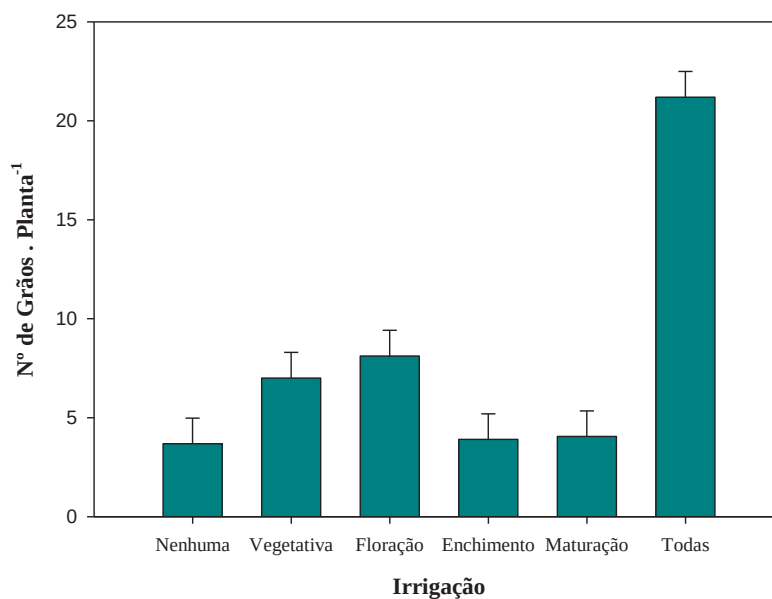


Figura 21. Número médio de grãos por planta quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O número de grãos por planta (NGP) caiu drasticamente quando foi comparado a irrigação em todas as fases e a supressão de irrigação em todas as fases ou irrigação em apenas uma das fases fenológicas. Enquanto que na irrigação em todas as fases o NGP ficou em torno de 21, a irrigação em nenhuma das fases, apenas vegetativa, apenas floração, apenas enchimento de grãos e apenas maturação tiveram NGP de aproximadamente 3,7; 7,0; 8,1; 3,9 e 4,1 respectivamente. Percebe-se que todos os tratamentos diferiram do tratamento com irrigação em todas as fases.

Constatou-se que os tratamentos com a irrigação apenas no enchimento de grãos e apenas na maturação não demonstraram diferença entre si e em relação com o tratamento com supressão de irrigação em todas as fases.

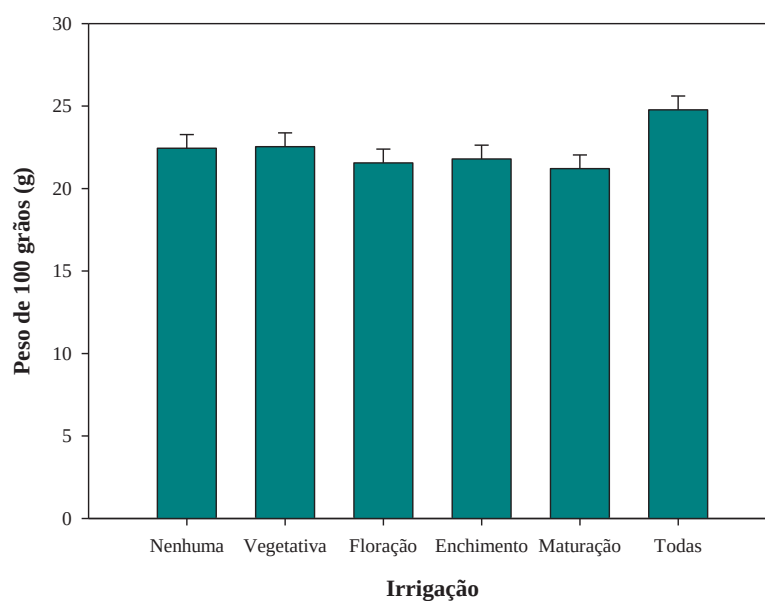


Figura 22. Peso de 100 grãos (g) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Os tratamentos com irrigação apenas na floração e apenas na maturação diferiram significativamente a 1% de probabilidade do tratamento com irrigação em todas as fases. Já o tratamento com irrigação apenas no enchimento de grãos diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases. O tratamento com irrigação apenas na fase vegetativa não diferiu significativamente do tratamento com irrigação em todas as fases.

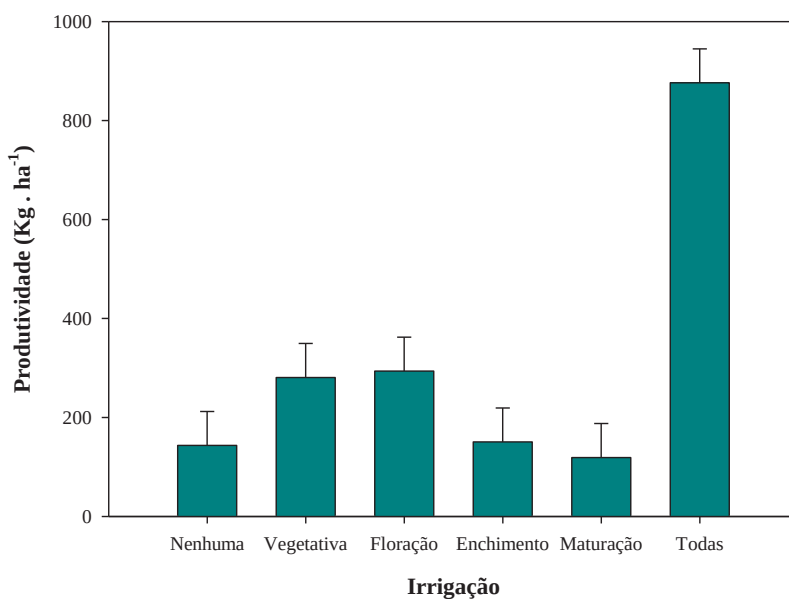


Figura 23. Produtividade (kg ha⁻¹) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

A irrigação em apenas uma fase torna-se uma técnica inviável pelo fato de que não diferiu da supressão de irrigação em todas as fases e pelo fato da produtividade cair 67,96% na irrigação apenas na fase vegetativa; 66,48% na irrigação apenas na floração; 82,82% na irrigação apenas no enchimento de grãos e 86,41% na irrigação apenas na maturação, quando comparado com a irrigação em todas as fases. Em relação à supressão de irrigação em todas as fases, a produtividade caiu 83,62% quando comparado com irrigação em todas as fases. Por isso, a irrigação em todas as fases diferiu de todos os outros tratamentos.

6.1.4 Irrigação em duas fases fenológicas

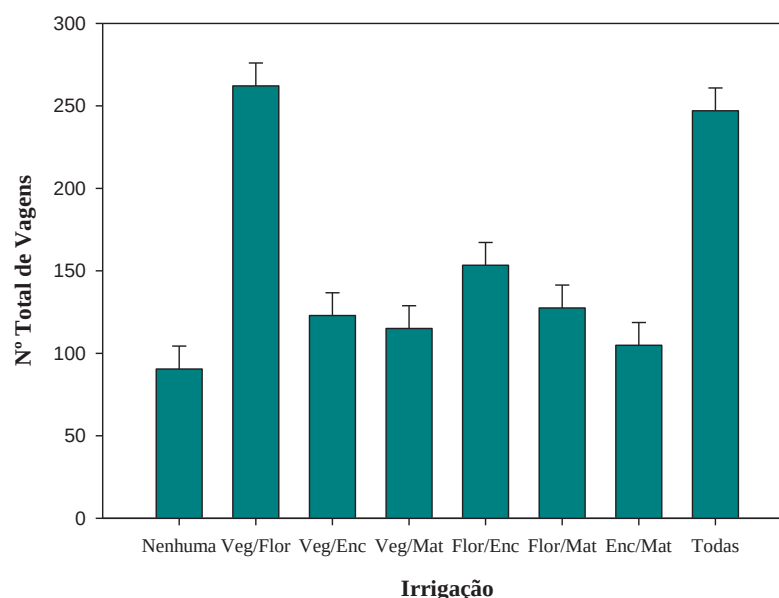


Figura 24. Número total de vagens quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

O número total de vagens (NV) foi maior nos tratamentos com irrigação em todas as fases e com irrigação nas fases vegetativa/floração (em torno de 250 vagens em média), sendo que estes dois tratamentos não diferiram entre si. Entretanto, estes dois tratamentos diferiram significativamente a 1% de probabilidade de todos os tratamentos com apenas duas fases irrigadas e do tratamento com supressão da irrigação em todas as fases.

A terceira maior quantidade de vagens foi obtida no tratamento com irrigação nas fases floração/enchimento (aproximadamente 150 vagens), que diferiu do tratamento com supressão total da irrigação.

Os outros tratamentos não diferiram significativamente a 5% de probabilidade do tratamento com nenhuma irrigação.

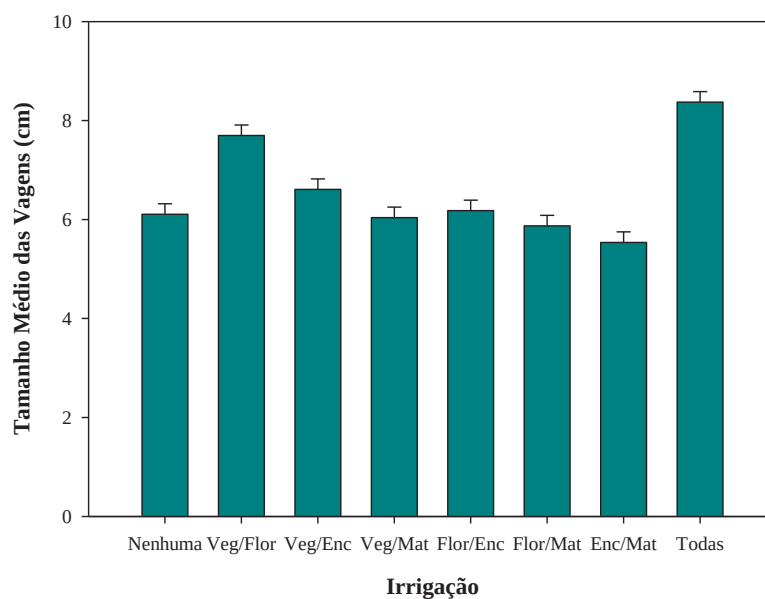


Figura 25. Tamanho médio de vagens (cm) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

A variável tamanho médio de vagens (cm) foi maior nos tratamentos com irrigação em todas as fases e com irrigação apenas nas fases vegetativa/floração. Estes dois tratamentos não diferiram entre si, mas diferiram de todos os outros tratamentos aqui considerados. Isso demonstra que a falta de água na vegetativa/floração diminui o tamanho das vagens.

O tratamento 1 não diferiu dos tratamentos em que ocorreu irrigação nas fases vegetativa/enchimento, vegetativa/maturação, floração/enchimento, floração/maturação e enchimento/maturação.

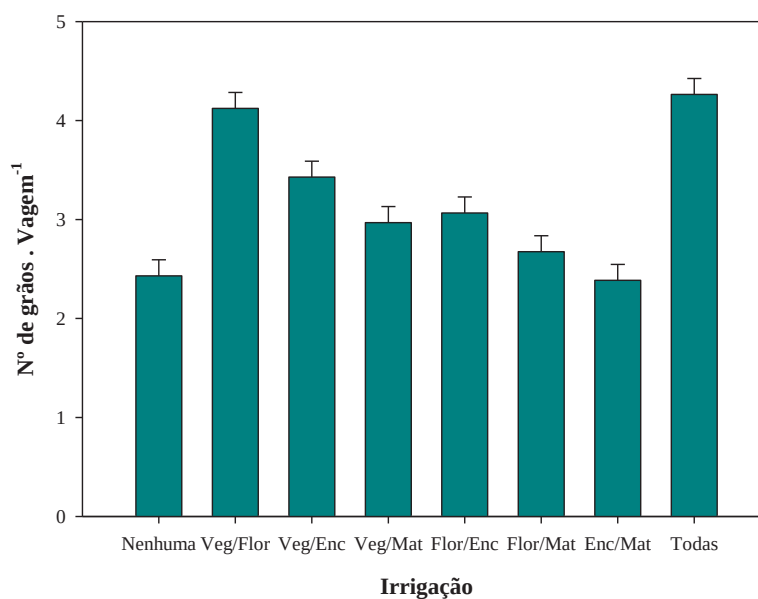


Figura 26. Número médio de grãos por vagem quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Quanto a variável número de grãos por vagem (NGV), temos que considerar que seu número diminui quando não ocorre uma combinação entre a irrigação na vegetativa e floração. Os tratamentos que foram realizados irrigação tanto na fase vegetativa quanto na floração (irrigação em todas as fases e irrigação vegetativa/floração) não diferiram.

O tratamento supressão de irrigação em todas as fases fenológicas não diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases floração/maturação e enchimento/maturação, mas diferiu de todos os outros tratamentos considerados.

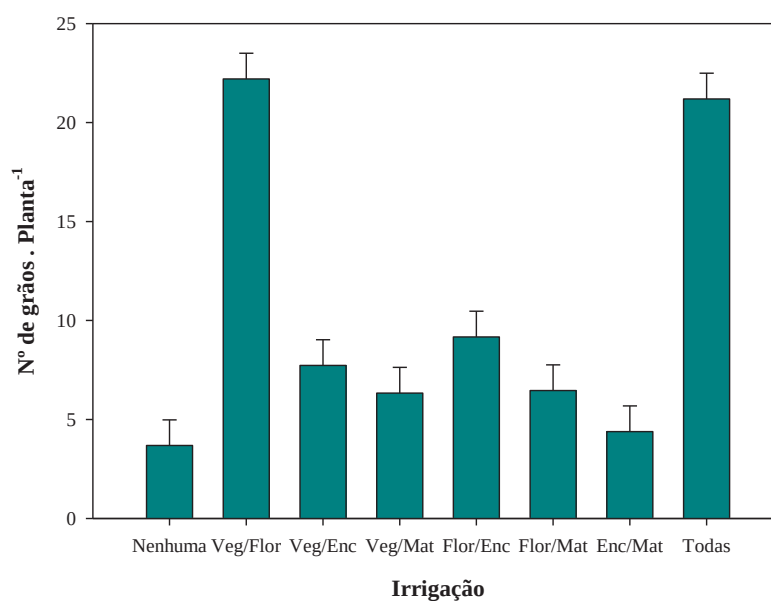


Figura 27. Número médio de grãos por planta quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Para o número de grãos por planta (NGP), os tratamentos com irrigação em todas as fases e com irrigação apenas nas fases vegetativa/floração foram os que tiveram os maiores valores e sem diferença entre si. Estes dois tratamentos possuem um número aproximado de 20 a 25 grãos por planta, enquanto os outros tratamentos considerados estão todos com um número abaixo de 10 grãos por planta.

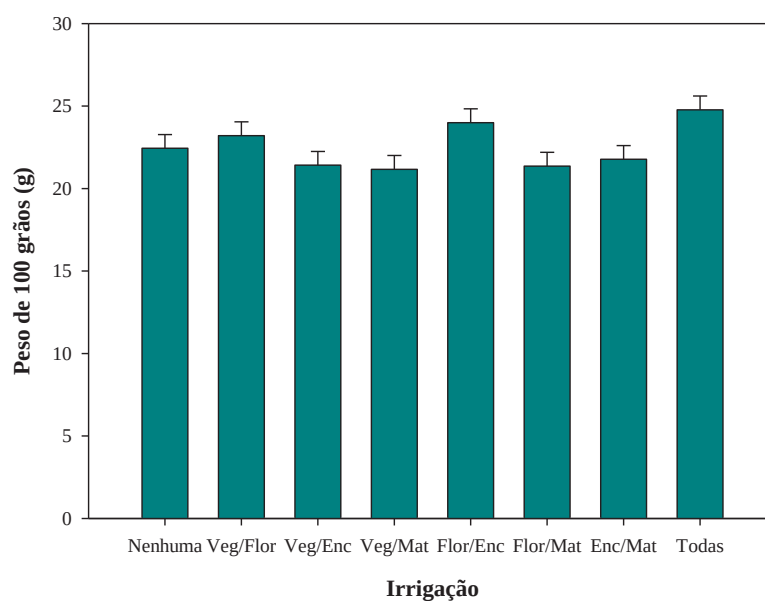


Figura 28. Peso de 100 grãos quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

Quanto à variável peso de 100 grãos, os tratamentos com irrigação em todas as fases e com irrigação apenas nas fases floração/enchimento não diferiram entre si, mas os dois tratamentos diferiram dos tratamentos com irrigação na vegetativa/enchimento, vegetativa/maturação e floração/maturação.

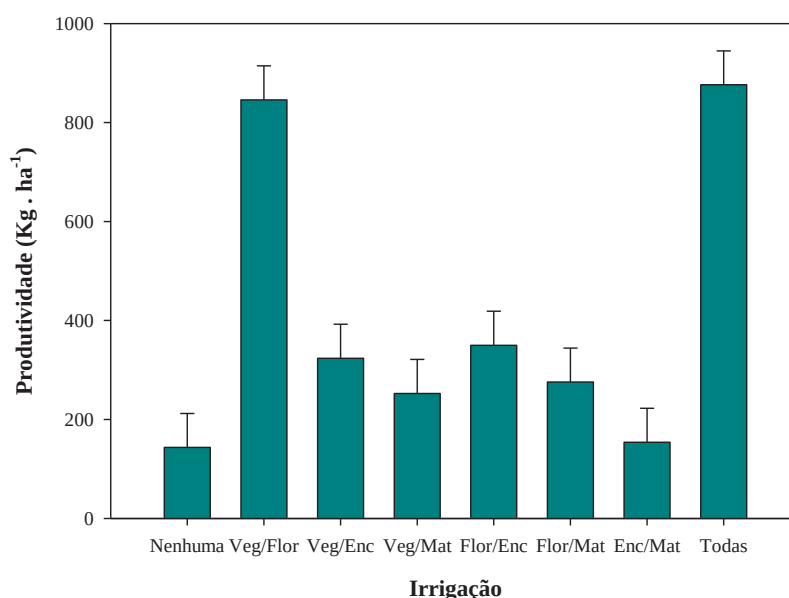


Figura 29. Produtividade (kg ha⁻¹) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 8 repetições

A produtividade estimada (kg ha⁻¹) seguiu uma tendência da maioria das variáveis analisadas para a irrigação em duas fases fenológicas, ou seja, a irrigação em todas as fases fenológicas não diferiu da irrigação apenas nas fases vegetativa/floração (Figura 29). Em comparação com irrigação em todas as fases, a irrigação nas fases vegetativa/floração diminuiu a produtividade em apenas 3,5%. Com isso, este tratamento não comprova a hipótese de que retirando a irrigação em uma ou mais fases, a produtividade diminuiria pelo menos 20%.

Os outros tratamentos considerados (vegetativa/enchimento, vegetativa/maturação, floração/enchimento, floração/maturação e enchimento/maturação), quando comparados com a irrigação em todas as fases, tiveram uma diminuição na sua produtividade de 63,1%, 71,2%, 60,1%, 68,6% e 82,4%, respectivamente. Estes resultados comprovam a hipótese.

6.1.5 Contrastes Ortogonais

Os contrastes ortogonais estão apresentados para discutir se a presença ou não de irrigação em alguma fase ou em algumas fases foi significativo para o incremento da produtividade do feijoeiro. Por exemplo, foi comparada a produtividade de dois tratamentos, um com irrigação nas fases vegetativa/floração/enchimento e outro com irrigação nas fases vegetativa/enchimento. A irrigação na floração foi considerada para a comparação entre os tratamentos, pois em um tratamento foi realizado a irrigação na floração e no outro tratamento não foi realizado a irrigação na floração.

Tabela 10. Comparação entre a presença ou não de irrigação nas fases fenológicas através dos contrastes ortogonais (Experimento I – Campo)

Contrastes ortogonais entre os tratamentos			Fase(s) considerada(s)	Pr > t
Vegetativa (V)	X	Nenhuma irrigação (N)	Vegetativa (V)	0.0047
Floração (Fl)	X	N	Floração (Fl)	0.0011
Enchimento (E)	X	N	Enchimento (E)	0.9096
Maturação (M)	X	N	Maturação (M)	0.3574
V/Fl	X	Fl	V	<.0001
V/E	X	E	V	0.0005
V/M	X	M	V	0.0015
V/Fl/E	X	Fl/E	V	0.0012
V/Fl/M	X	Fl/M	V	<.0001
V/E/M	X	E/M	V	0.0344
V/Fl/E/M	X	Fl/E/M	V	<.0001
V/Fl	X	V	Fl	<.0001
Fl/E	X	E	Fl	<.0001
Fl/M	X	M	Fl	0.0003
V/Fl/E	X	V/E	Fl	0.0002
V/Fl/M	X	V/M	Fl	<.0001
Fl/E/M	X	E/M	Fl	0.0178
V/Fl/E/M	X	V/E/M	Fl	<.0001
V/E	X	V	E	0.5712
Fl/E	X	Fl	E	0.5089
E/M	X	M	E	0.3642
V/Fl/E	X	V/Fl	E	0.3818
V/E/M	X	V/M	E	0.8345
Fl/E/M	X	Fl/M	E	0.6580
V/Fl/E/M	X	V/Fl/M	E	0.1711
V/M	X	V	M	0.5861
Fl/M	X	Fl	M	0.6100

E/M	X	E	M	0.9199
V/FI/M	X	V/FI	M	0.2688
V/E/M	X	V/E	M	0.1884
FI/E/M	X	FI/E	M	0.1084
V/FI/E/M	X	V/FI/E	M	0.2550
V/FI	X	N	V/FI	<.0001
V/FI/E	X	E	V/FI	<.0001
V/FI/M	X	M	V/FI	<.0001
V/FI/E/M	X	E/M	V/FI	<.0001
V/E	X	N	V/E	0.0008
V/FI/E	X	FI	V/E	0.0001
V/E/M	X	M	V/E	0.0028
V/FI/E/M	X	FI/M	V/E	<.0001
V/M	X	N	V/M	0.0212
V/FI/M	X	FI	V/M	0.0003
V/E/M	X	E	V/M	0.0270
V/FI/E/M	X	FI/E	V/M	<.0001
FI/E	X	N	FI/E	0.0001
V/FI/E	X	V	FI/E	<.0001
FI/E/M	X	M	FI/E	0.0012
V/FI/E/M	X	V/M	FI/E	<.0001
FI/M	X	N	FI/M	0.0054
V/FI/M	X	V	FI/M	<.0001
FI/E/M	X	E	FI/M	0.0137
V/FI/E/M	X	V/E	FI/M	<.0001
E/M	X	N	E/M	0.9896
V/E/M	X	V	E/M	0.4515
FI/E/M	X	FI	E/M	0.3414
V/FI/E/M	X	V/FI	E/M	0.7906
V/FI/E	X	N	V/FI/E	<.0001
V/FI/E/M	X	M	V/FI/E	<.0001
V/FI/M	X	N	V/FI/M	<.0001
V/FI/E/M	X	E	V/FI/M	<.0001
V/E/M	X	N	V/E/M	0.0355
V/FI/E/M	X	FI	V/E/M	<.0001
FI/E/M	X	N	FI/E/M	0.0184
V/FI/E/M	X	V	FI/E/M	<.0001
V/FI/E/M	X	N	V/FI/E/M	<.0001

Na comparação entre o tratamento com irrigação em todas as fases e o tratamento com supressão de irrigação em todas as fases, ocorreu diferença significativa a 1% de probabilidade. A supressão de irrigação em todas as fases teve uma queda acentuada da

produtividade. Em seguida, discute-se a comparação entre cada fase e a junção de 2 ou 3 fases nas possíveis combinações.

No caso da comparação entre a presença e ausência de irrigação na fase vegetativa do feijoeiro, todas as combinações possíveis diferiram a 5% de probabilidade, ou seja, as combinações com falta de irrigação na vegetativa fizeram a produtividade cair a tal ponto que diferiram de todas as mesmas combinações que possuíam irrigação na fase vegetativa. Estes dados sugerem que é essencial a realização da irrigação durante a fase vegetativa, pois a produtividade irá cair no caso de ausência de irrigação durante esta fase fenológica. As Figuras 30 e 31 mostram a diferença de desenvolvimento do feijoeiro quando ocorreu ausência de irrigação na vegetativa e quando ocorreu irrigação na fase vegetativa, respectivamente.



Figura 30. (A) Tratamento sem irrigação na fase Vegetativa. Foto: Thomas (13/09/2010); (B) Tratamento com Irrigação na fase Vegetativa. Foto: Thomas (13/09/2010)

A comparação entre as mesmas combinações modificadas pela ausência e presença de irrigação na floração, também resultou em diferença a 5% de probabilidade em todas as combinações possíveis. Isso sugere que é recomendada a realização de irrigação durante a floração, pois com a ausência desta a produtividade reduziu muito.

As comparações entre a ausência de irrigação na fase de enchimento de grãos não mostraram diferença significativa em nenhuma das combinações. Entretanto, não se pode concluir isso seguramente pois nesta fase a precipitação pluviométrica foi de 78,7 mm, e a irrigação foi de 16,1 mm.

As comparações entre as combinações com e sem irrigação na maturação não sofreram diferença significativa. Com isso, pode-se concluir que a ausência de irrigação durante a maturação não afetaria a produtividade e esta poderia ser descartada sem prejuízo para esta variável.

As fases consideradas até o momento foram apenas uma por comparação. A partir de agora, as fases consideradas serão duas ou mais por comparação.

Na comparação entre a presença e ausência de irrigação nas fases vegetativa/floração ocorreu diferença significativa a 1% de probabilidade em todas as possíveis combinações. Isso significa que é necessária a presença de irrigação nestas duas fases consideradas.

Quando nas comparações considerou-se a presença ou não da irrigação nas fases vegetativa/enchimento, vegetativa/maturação, floração/enchimento ou floração/maturação, não ocorreu diferença significativa entre as combinações.

Já na comparação entre a presença e ausência de irrigação nas fases enchimento/maturação não ocorreu diferença significativa entre combinações consideradas.

Na comparação entre a irrigação ou não em 3 fases consideradas (vegetativa/floração/enchimento, vegetativa/floração/maturação, vegetativa/enchimento/maturação e floração/enchimento/maturação) ocorreu diferença significativa a 5% de probabilidade em todas as combinações possíveis. Como exemplo, foi comparado o tratamento com irrigação nas fases vegetativa/floração/enchimento/maturação com o tratamento com irrigação apenas floração. Para isso foram consideradas as fases Vegetativa/Enchimento/Maturação.

6.2 Experimento em Casa de Vegetação

Tabela 11. Médias dos diferentes tratamentos para as variáveis: NV (Número Total de Vagens), Grãos por vaso, NGV (Número de Grãos por Vagem), TmV (Tamanho médio das Vagens) e Produtividade (kg . ha⁻¹)

T	NV		Grãos por vaso		NGV		TmV		Produtividade	
1	4,5	pqr	8	n	1,8	hij	6,1	efghijk	1,8	m
2	4	qr	8,7	m	2,1	efghij	5,8	Ijk	2,1	m
3	7,3	nopqr	19,8	klm	2,7	abcdefgh	5,9	hijk	5,5	jklm
4	9,3	mnop	25,8	jkl	2,6	abcdefgh	6,3	defghijk	5,8	jklm
5	7	opqr	8,3	m	1,4	j	5,1	K	3,0	lm
6	3,8	r	7,25	m	1,9	ghij	6,0	ghijk	1,6	m
7	15	hijkl	35,8	ghijk	2,4	cdefghi	6,1	fghijk	10,1	ghijk
8	19,3	ghij	33,3	hijkl	2,2	defghij	6,7	abcdefghij	8,1	ijkl
9	16	ghij	30,0	ijkl	1,9	fghij	6,3	cdefghij	6,1	jklm
10	10	klmno	16,8	lm	1,6	ij	5,6	Jk	4,9	klm
11	18,3	efghi	48,5	efgh	2,6	abcdefgh	7,3	abcd	13,2	efghi
12	11,3	jklmn	26,5	jkl	2,3	cdefghij	6,7	abcdefghij	7,1	jklm
13	9,5	lmnop	27,0	jkl	2,9	abcde	6,9	abcdefghi	8,6	hijk
14	16,5	ghij	41,3	ghij	2,5	bcdefgh	7,3	abcd	10,1	ghijk
15	18,3	efghi	50,8	defg	2,8	abcdef	7,1	abcdef	13,1	efghi
16	12,8	ijklm	28,8	ijkl	2,3	cdefghij	6,9	abcdefghi	6,2	jklm
17	28	bc	73,0	bc	2,7	abcdefg	7,0	abcdefgh	17,8	def
18	24,5	cd	44,5	fghi	1,9	fghij	6,4	bcdefghij	12,7	fghi
19	14	ijklm	40,8	ghij	2,9	abcde	6,7	abcdefghij	12,7	fghi
20	16,3	ghij	42,3	ghij	2,6	abcdefgh	6,7	abcdefghij	10,7	ghij
21	15,5	ghijk	44,5	fghi	2,9	abcde	6,8	abcdefghi	12,9	efghi
22	22,5	cdef	59,0	cdef	2,7	abcdefg	7,3	abcd	14,4	defg
23	17,5	fghi	33,8	hjk	1,9	fghij	6,3	cdefghij	9,0	ghijk
24	20,3	defgh	65,8	cd	3,4	a	7,5	Ab	18,2	de
25	20,5	defgh	50,8	defg	2,6	abcdefgh	7,1	abcdef	13,9	defgh
26	16,8	ghij	51,0	defg	3,0	abcd	7,7	abcd	13,1	efghi
27	27,3	bc	89,0	b	3,3	ab	7,4	abcd	24,1	bc
28	31,3	b	88,0	b	2,9	abcde	7,3	abcde	26,1	b
29	15,5	ghijk	48,8	efgh	3,1	abc	6,7	abcdefghij	13,8	defgh
30	21	defg	65,3	cd	3,1	abc	7,1	abcdefg	18,8	cd
31	23,5	cde	63,5	cde	2,8	abcdefg	7,8	A	16,8	def
32	37,3	a	117,3	a	3,2	abc	7,5	abc	37,4	a

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t

6.2.1 Todos os Tratamentos

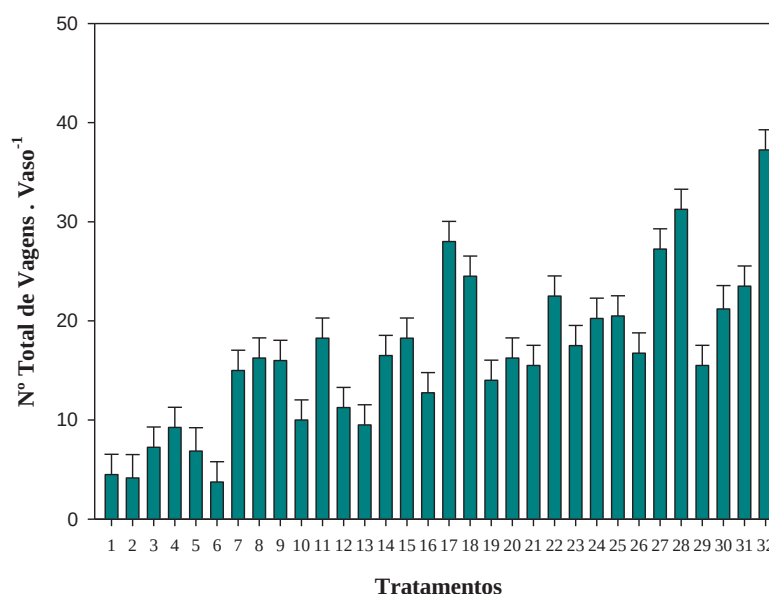


Figura 31. Número total de vagens nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

O número total de vagens por vaso (NV) (Figura 31) diminui quando comparado a irrigação em todas as fases (T32) (aproximadamente 40 vagens por vaso) com a supressão de água em todas as fases (T1) (abaixo de 5 vagens por vaso). O tratamento com irrigação em todas as fases (T32) diferiu de todos os outros tratamentos.

A irrigação em uma única fase (T2, T3, T4, T5 e T6) mostrou-se uma técnica inviável para a variável número de vagens por vaso. Todos os tratamentos com irrigação em uma única fase (VI, VII, Flor, Form e Enc) caíram drasticamente se comparado com a irrigação em todas as fases (T32) e não diferiram da supressão de irrigação em todas as fases (T1). Além disso, todos os tratamentos com irrigação em uma única fase não diferiram significativamente entre si.

O número total de vagens mostrou uma queda quando foi retirada a irrigação em uma das fases (T27, T28, T29, T30 e T31). O tratamento mais afetado foi o que ocorreu supressão na floração (Fl) (T29), seguida da supressão durante o V4 até floração (VII) (T28) e depois o V1 até V3 (VI) (T27). Os tratamentos menos afetados foram os com

supressão de irrigação na formação de vagens (Fo) (T30) e supressão de água durante o enchimento (E) (T31), possivelmente pelo fato das vagens já estarem formadas.

O tratamento supressão de água durante o enchimento de grãos (T31) não diferiu dos tratamentos com supressão de água durante a formação das vagens (T30), com supressão de irrigação durante o VI (V1- V3) (T27) e supressão durante o VII (V4 até floração) (T28). A supressão de água durante o VI (T27) não diferiu do tratamento com supressão da irrigação durante a VII (T28).

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII (T7) difere dos tratamentos com irrigação em todas as fases (T32) e com supressão da irrigação em todas as fases (T1), não diferindo dos outros tratamentos com irrigação em apenas duas fases (T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16). Já o tratamento com supressão da irrigação em todas as fases (T1), não difere significativamente dos tratamentos com irrigação nas fases VI/E (T10) e VII/E (T13). Estes dois tratamentos com irrigação nas fases VI/E e VII/E sofreram diferença dos tratamentos com irrigação nas seguintes fases VI/FI (T8), VI/Fo (T9), VII/FI (T11), FI/Fo (T14) e FI/E (T15).

Todos os tratamentos com irrigação em apenas três fases (VI/VII/FI (T17); VI/VII/Fo (T18); VI/VII/E (T19); VI/FI/Fo (T22); VI/FI/E (T20); VI/Fo/E (T23); VII/FI/Fo (T24); VII/FI/E (T21); VII/Fo/E (T25); FI/Fo/E (T26)) diferiram do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (T1).

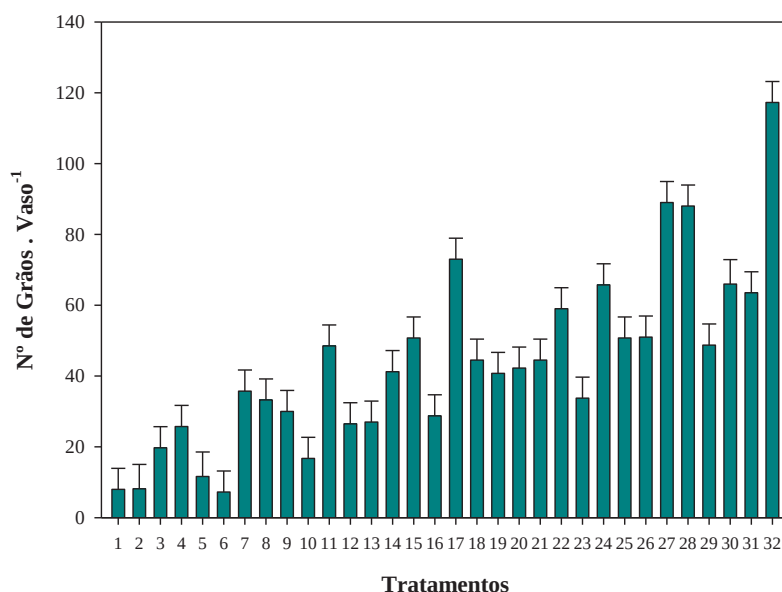


Figura 32. Número de grãos por vaso nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

O número de grãos por vaso (NG) diferiu quando se comparou o tratamento com irrigação em todas as fases (T32) e todos os demais tratamentos (Figura 32).

O NG diminuiu em aproximadamente 100 grãos quando se comparou a irrigação em todas as fases (T32) com todos os outros tratamentos com irrigação em apenas uma fase ou com supressão de irrigação em todas as fases (T2, T3, T4, T5, T6 e T1).

Dentre os tratamentos com irrigação em uma única fase, o tratamento com irrigação apenas na floração foi o que teve maior número de grãos e diferiu dos tratamentos com nenhuma irrigação (T1) e com a irrigação apenas no Enchimento (T6). Os outros tratamentos (irrigação apenas na VI (T2), irrigação apenas na VII (T3), irrigação na Fo (T5) e irrigação no E (T6)) não diferiram do tratamento com supressão da irrigação em todas as fases (T1).

O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases (T1) diferiu de todos os outros tratamentos com irrigação em apenas duas fases (T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15 e T16), com exceção do tratamento com irrigação nas fases VI/E (T10).

O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases (T32) diferiu todos os tratamentos com irrigação em apenas três fases (T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T25 E T26).

O número de grãos por vaso (NG) mostrou a mesma tendência da quantidade total de vagens, sendo que o tratamento mais afetado foi o com supressão de água durante a floração (T29), o que era esperado pelo fato da menor quantidade de vagens no tratamento com supressão na floração gerar menos número de grãos. Os próximos tratamentos mais afetados foram os com supressão de água nas fases VI (T31) e na VII (T30), que não diferiram entre si e do tratamento com supressão da irrigação durante a floração (T29). Já os tratamentos com supressão da irrigação durante a formação das vagens (T28) e durante o enchimento de grãos (T27) também não sofreram diferença entre si.

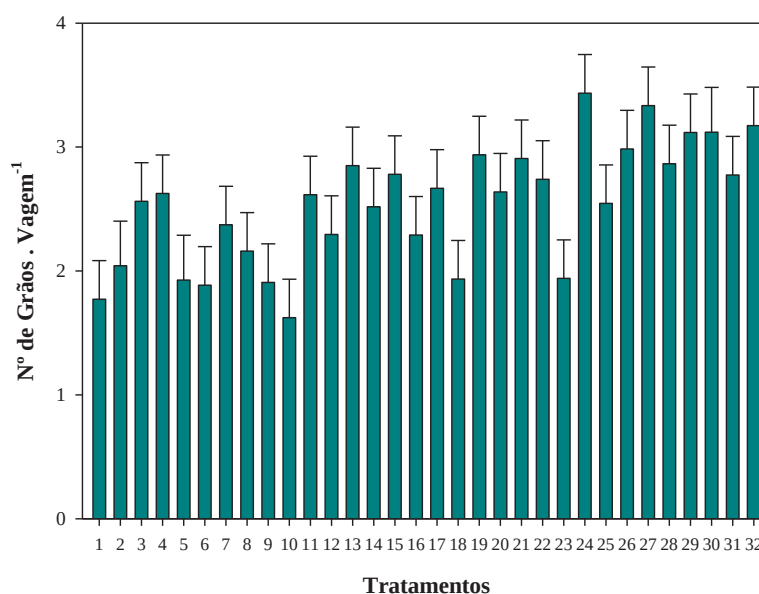


Figura 33. Número de grãos por vagem nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Quanto a variável número de grãos por vagem (Figura 33), o tratamento com supressão da irrigação em todas as fases fenológicas (T1) diferiu dos tratamentos com irrigação em todas as fases (T32).

O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases (T32) não diferiu dos tratamentos com apenas uma fase irrigada (T2, T3, T4, T5, T6).

O tratamento com irrigação nas fases VI/E (T10) diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fl (T11), VII/E (T13), Fl/Fo (T14) e Fl/E (T15). Além disso, o tratamento com irrigação nas fases VII/E (T13) diferiu do tratamento com irrigação nas fases VI/Fo (T9).

O tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (T1) do feijoeiro não diferiu apenas dos tratamentos com irrigação VI/VII/Fo (T18), VI/VII/E (T19), VI/Fo/E (T23) e VII/Fo/E (T25). Já o tratamento com irrigação em todas as fases (T32) diferiu do tratamento com irrigação nas fases VI/Fo/E (T23).

Nenhum dos tratamentos com supressão de água em apenas uma das fases (T27, T28, T29, T30 e T31) diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases (T32).

Apesar do tratamento supressão da irrigação durante o enchimento de grãos (T27) não ter diferido dos demais com supressão em uma única fase (T28, T29, T30, T31), o T27 mostrou um leve aumento em relação aos outros.

Os tratamentos com irrigação apenas na floração (T4) e a irrigação apenas na VII (T3) não diferiram do tratamento irrigado em todas as fases (T32). Os outros tratamentos (irrigação apenas na VI (T2), apenas na Fo (T5) e apenas no E (T6)) diferiram do tratamento com irrigação em todas as fases.

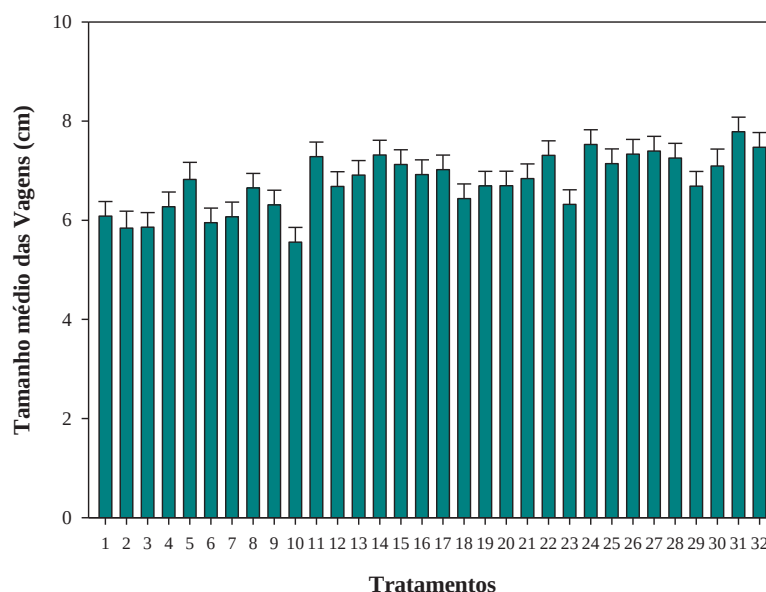


Figura 34. Tamanho médio das vagens (cm) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

O tamanho médio das vagens (cm) reduziu praticamente 1,7 cm quando comparou-se o tratamento com irrigação em todas as fases (T32) e o tratamento com supressão de água em todas as fases (T1) (Figura 34). Estes dois tratamentos diferiram entre si.

Quanto à supressão de irrigação em apenas uma fase (T27, T28, T29, T30 e T31), o tamanho de médio das vagens foi mais afetado também no tratamento com supressão de água na floração (T29), pois este foi o único tratamento com supressão de água em apenas uma fase, que não diferiu do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (T1). E o tratamento com supressão de água durante a Fl (T29) diferiu do tratamento com supressão da irrigação durante VI (T31).

O tratamento com irrigação apenas na fase formação das vagens (T5) é o único tratamento com irrigação em apenas em uma fase que não diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases (T32).

Além disso, a irrigação apenas na formação das vagens (T5) diferiu dos tratamentos com irrigação na apenas na VI (T2) e apenas na VII (T3), mas não diferiu dos tratamentos com irrigação na Fl (T4) e com irrigação no E (T6).

O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases fenológicas (T1) do feijoeiro diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fl (T11), Fl/Fo (T14), Fl/E (T15), Fo/E (T16).

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII (T7) diferiu na variável tamanho médio das vagens (cm) dos tratamentos com irrigação em todas as fases (T32) e nas fases VII/Fl (T11), VII/E (T13), Fl/Fo (T14), Fl/E (T15) e Fo/E (T16).

Já o tratamento com irrigação nas fases VI/Fo (T9) também diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases (T32), além dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fl (T11) e Fl/Fo (T14).

O tratamento com irrigação nas fases VI/E (T10) não diferiu dos tratamentos com supressão da irrigação em todas as fases (T1) e dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII (T7) e VI/Fo (T9).

Quanto à irrigação em apenas três fases, o tratamento com supressão da irrigação em todas as fases (T1) diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/Fl (T17), VI/Fl/Fo (T22), VII/Fl/Fo (T24), VII/Fo/E (T25) e Fl/Fo/E (T26). O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fo (T18) diferiu dos tratamentos com irrigação em todas as fases (T32) e com irrigação nas fases VI/Fl/Fo (T22), VII/Fl/Fo (T24) e Fl/Fo/E (T26).

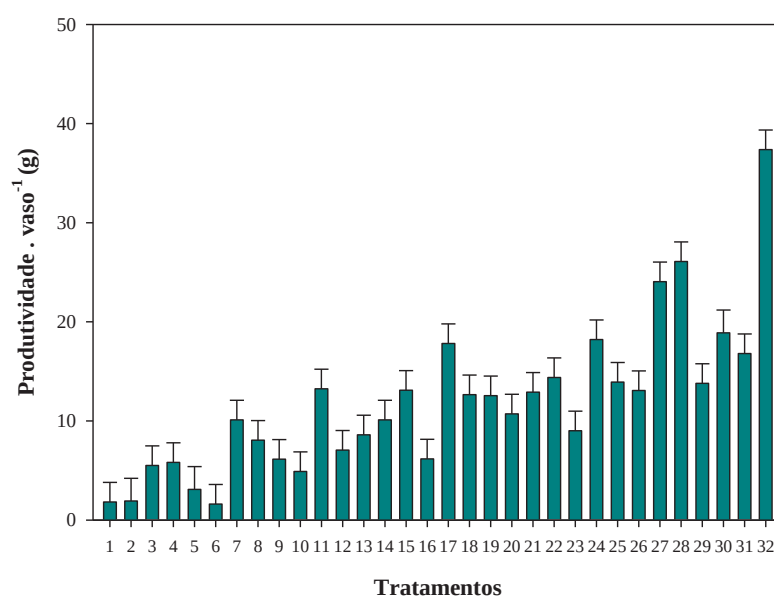


Figura 35. Produtividade por vaso (g) nos diferentes tratamentos. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

A produtividade por vaso (g) (Figura 35) diminuiu de aproximadamente 37,4 g no tratamento com irrigação em todas as fases (T32) para aproximadamente 1,8 g para o tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (T1), demonstrando uma queda de produtividade de aproximadamente 95%. Além disso, o tratamento com irrigação em todas as fases diferiu de todos os tratamentos.

A Figura 36 mostra que não é viável e recomendado realizar a irrigação em apenas uma das fases do feijoeiro (T2, T3, T4, T5 e T6), pois a produtividade destes tratamentos caiu muito em relação a irrigação em todas as fases (T32). Além disso, os tratamentos com irrigação em uma única fase (VI, VII, Fl, Fo e E) não sofreram diferença em relação ao tratamento com supressão da irrigação em todas as fases fenológicas (T1).

A queda de produtividade dos tratamentos com apenas uma fase irrigada (T2, T3, T4, T5 e T6) foi de 94,8%, 85,3%, 84,4%, 91,7% e 95,7% respectivamente, quando comparados com o tratamento com irrigação em todas as fases (T32).

O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases (T1) diferiu de quase todos os tratamentos com irrigação em apenas duas fases (T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16), com exceção dos seguintes tratamentos: irrigação nas fases VI/Fo (T9), VI/E (T10) e Fo/E (T16).

Quando comparou-se a irrigação em duas fases (T7 até T16) com a irrigação em todas as fases fenológicas (T32), a queda de produtividade dos tratamentos com irrigação nas seguintes fases: VI/VII (T7), VI/Fl (T8), VI/Fo (T9), VI/E (T10), VII/Fl (T11), VII/Fo (T12), VII/E (T13), Fl/Fo (T14), Fl/E (T15) e Fo/E (T16) foi, respectivamente, de 72,9%; 78,4%; 83,6%; 86,9%; 64,6%; 81,1%; 77%; 72,9%, 65% e 83,5%.

O tratamento com irrigação nas fases VII/Fl (T11) diferiu em relação aos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fo (T9), VI/E (T10), VII/Fo (T12) e Fo/E (T16).

Foi observado que a variável produtividade por vaso (g) apresentou uma queda acentuada mesmo para a irrigação em 3 fases (T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T25, T26). Todos os tratamentos considerados tiveram um aumento na sua produtividade se comparados com a supressão de irrigação em todas as fases (T1). Por este motivo, tanto a irrigação em todas as fases (T32), quanto à supressão de irrigação em todas as fases (T1), sofreram diferença significativa a 5% de probabilidade entre os tratamentos com irrigação em apenas três fases fenológicas do feijoeiro.

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fl (T17) diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fl/E (T20) e VI/Fo/E (T23). Já o tratamento com irrigação nas fases VII/Fl/Fo (T24) diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/Fo (T18), VI/VII/E (T19), VI/Fl/E (T20) e VI/Fo/E (T23).

Em relação ao tratamento com irrigação em todas as fases (T32), a queda de produtividade para os tratamentos VI/VII/Fl (T17), VI/VII/Fo (T18), VI/VII/E (T19), VI/Fl/E (T20), VII/Fl/E (T21), VI/Fl/Fo (T22), VI/Fo/E (T23), VII/Fl/Fo (T24), VII/Fo/E (T25) e Fl/Fo/E (T26) foi de respectivamente 52,3%, 66,2%, 66,4%, 71,3%, 65,5%, 61,5%, 75,9%, 51,3%, 62,7% e 65%.

Percebe-se que os tratamentos que menos foram afetados na variável produtividade, foram os que foram realizados pelo menos irrigação nas fases VII/Fl. Por exemplo, o tratamento com irrigação nas fases VII/Fl/Fo (T24), VI/VII/Fl (T17) e VII/Fl/E (T21) sofreram diminuição da produtividade de 51,3%, 52,3% e 61,5% respectivamente.

Novamente o tratamento com supressão de água na Fl (T29) foi o mais afetado, mas não diferiu dos tratamentos com supressão de irrigação na VI (T31) e VII (T30). Quando comparado com o tratamento com irrigação em todas as fases (T32), a produtividade do tratamento com supressão da irrigação durante a Floração (T29) diminuiu aproximadamente 63,1%.

Os tratamentos com supressão de água durante a fase VI (T31) e a fase VII (T30) não diferiram entre si e tiveram uma queda na produtividade de 55,1% e 49,5% respectivamente, quando em comparação com a irrigação em todas as fases fenológicas (T32).

Os tratamentos menos afetados foram os com supressão de água durante a Fo (T28) e supressão durante o E (T27), mas mesmo assim a produtividade diminuiu aproximadamente 30,2% e 35,6%, respectivamente, quando comparados com o tratamento com nenhuma supressão de água (T32). Estes dois tratamentos (Supressão da irrigação na Fo (T28) e E (T27)) não diferiram entre si.

Todos os tratamentos considerados comprovam a hipótese de que a produtividade reduz pelo menos 20% quando ocorre a supressão de irrigação em uma ou em algumas fases.

6.2.2 Supressão da Irrigação em uma Fase

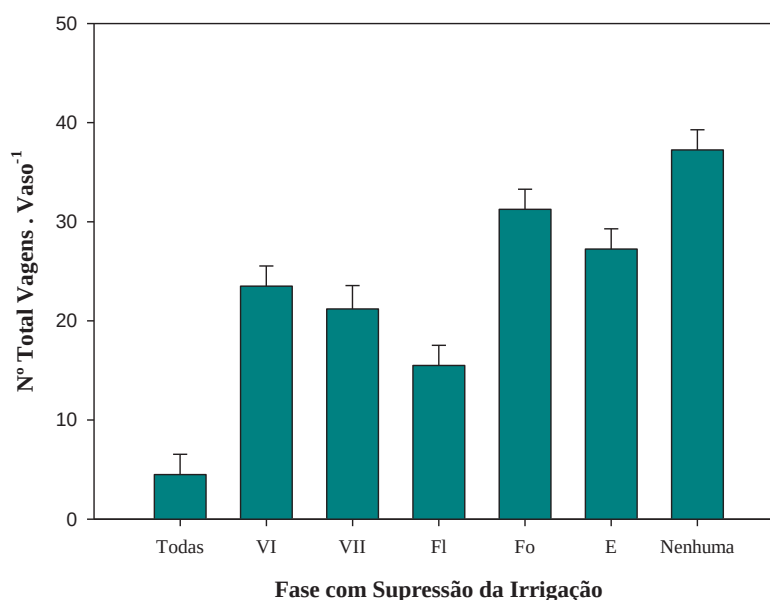


Figura 36. Número total de vagens na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Pelo número total de vagens (Figura 36) percebe-se uma queda quando foi retirada a irrigação em uma das fases. O tratamento mais afetado foi aquele em que ocorreu supressão na floração (Fl), seguida da supressão durante o V4 até floração (VII) e depois o V1 até V3 (VI). Os tratamentos menos afetados foram os com supressão de irrigação na formação de vagens (Fo) e com supressão de água durante o enchimento (E), possivelmente pelo fato das vagens já estarem formadas.

O tratamento com supressão de irrigação em nenhuma das fases diferiu de todos os outros tratamentos considerados.

O tratamento supressão de água durante o enchimento de grãos não diferiu dos tratamentos com supressão de água durante a formação das vagens, com supressão de irrigação durante o VI (V1- V3) e durante o VII (V4 até floração).

A supressão de água durante o VI não diferiu do tratamento com supressão da irrigação durante a VII.

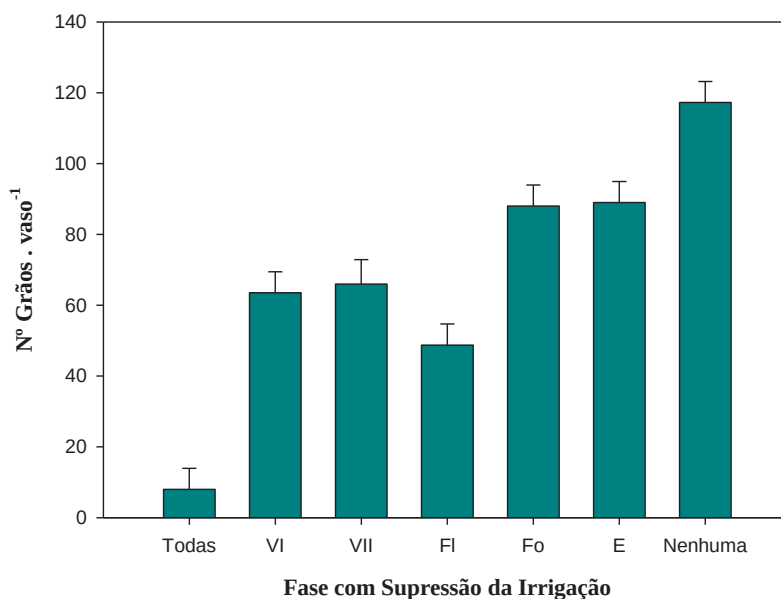


Figura 37. Número de grãos por vaso na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Pela Figura 37 observou-se a mesma tendência da quantidade total de vagens, sendo que o número total de vagens foi mais afetado no tratamento com supressão de água durante a floração. Os próximos tratamentos mais afetados foram aqueles com supressão de água na VI e na VII, que não diferiram entre si e do tratamento com supressão da irrigação durante a floração.

Os tratamentos com supressão da irrigação durante a Fo e durante o E também não sofreram diferença.

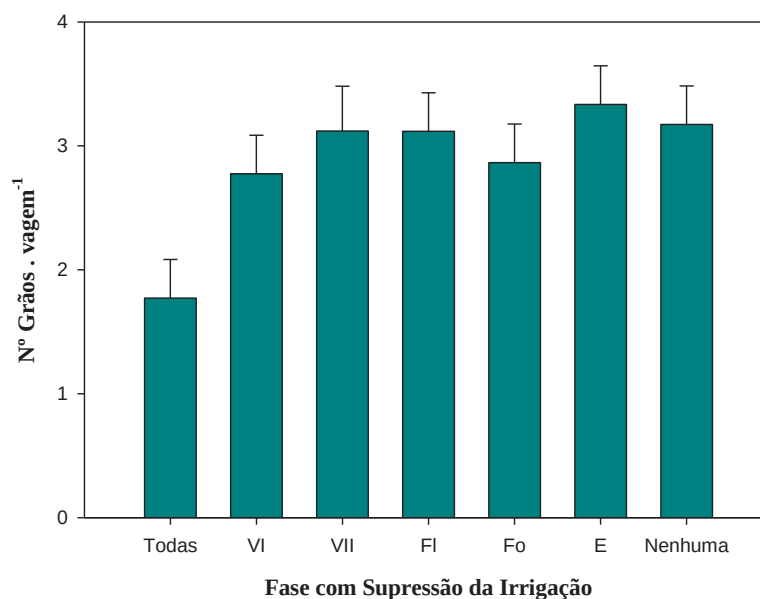


Figura 38. Número de grãos por vagem na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Quanto a variável número de grãos por vagem (NGV), nenhum dos tratamentos com supressão de água em alguma das fases diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases (Figura 38).

Apesar do tratamento supressão da irrigação durante o E não ter diferido dos demais, este mostrou um leve aumento no número de grãos por vagem em relação aos outros tratamentos com supressão em alguma fase.

A supressão da irrigação em todas as fases diferiu de todos os tratamentos com supressão da irrigação em todas as fases.

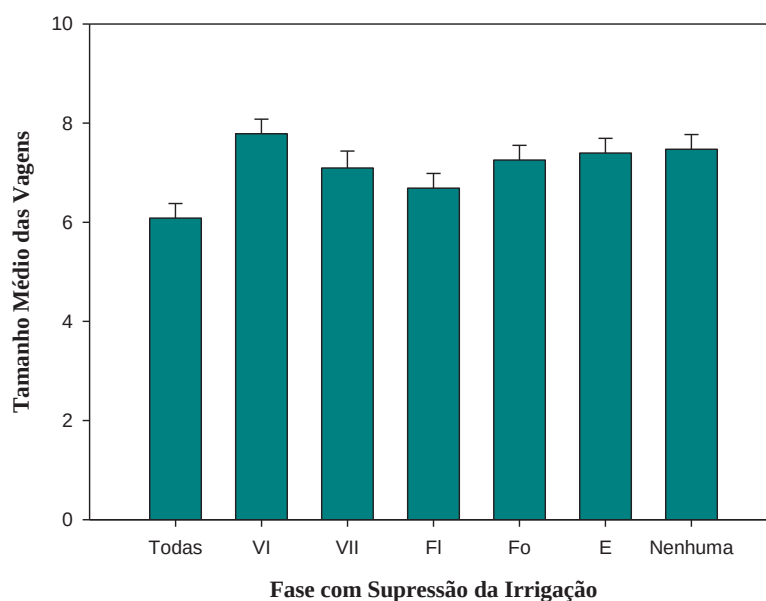


Figura 39. Tamanho médio das vagens (cm) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

A variável tamanho médio das vagens (cm) foi mais afetada no tratamento com supressão de água na floração, pois este foi o único tratamento que não diferiu do tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (Figura 39). O tratamento com supressão de água durante a Fl diferiu do tratamento com supressão da irrigação durante VI.

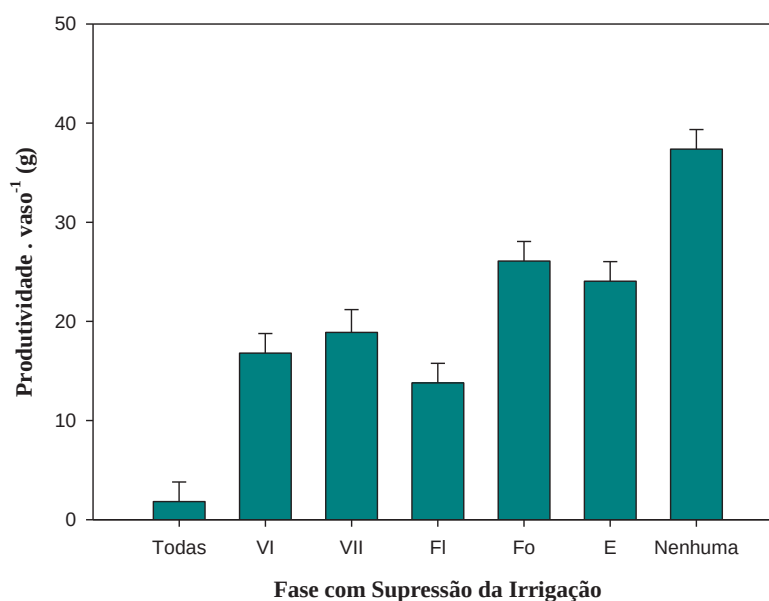


Figura 40. Produtividade por vaso (g) na ausência de irrigação em uma das fases, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Pela Figura 40 observou-se uma mesma tendência de outras variáveis analisadas (número total de vagens, número de grãos por vagem) com supressão da irrigação em apenas uma fase. Novamente o tratamento com supressão de água na floração foi o mais afetado, mas não diferiu dos tratamentos com supressão da irrigação na VI e VII. Quando comparado com o tratamento com nenhuma supressão de água, a produtividade do tratamento com supressão da irrigação durante a Fl caiu aproximadamente 63,1%.

Os tratamentos com supressão de água durante a fase VI e VII não diferiram entre si e promoveram queda na produtividade de 55,1% e 49,5% respectivamente, quando em comparação com a irrigação em todas as fases fenológicas.

Os tratamentos menos afetados foram os com supressão de água durante a Fo e durante a E, mas mesmo assim induziram diminuição na produtividade na ordem de 30,2% e 35,6% respectivamente quando comparados com o tratamento com nenhuma supressão de água. Estes dois tratamentos (supressão da irrigação na Fo e E) não diferiram entre si.

6.2.3 Irrigação em apenas uma Fase

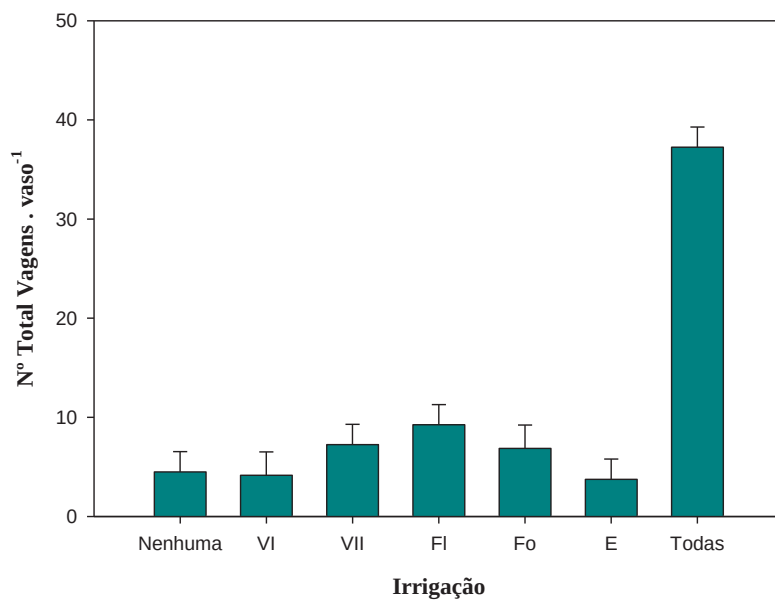


Figura 41. Número total de vagens quando se irrigou apenas uma fase, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

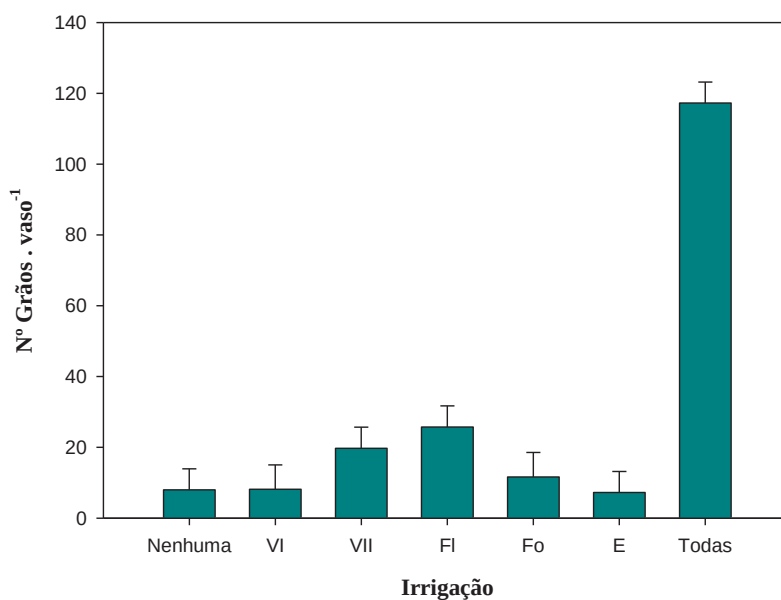


Figura 42. Número de grãos por vaso quando se irrigou apenas uma fase, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias

Assim como observado na Figura 41, não é viável a irrigação em uma única fase para a variável número de vagens por vaso. Todos os tratamentos (VI, VII, FI, Fo e E) diminuíram drasticamente se comparado com a irrigação em todas as fases e não diferiram da supressão de irrigação em todas as fases. Além disso, todos os tratamentos com irrigação em uma única fase não diferiram significativamente entre si.

Seguindo a tendência da variável número de vagens por vaso, observa-se pela Figura 42 que o número de grãos por vaso diminui acentuadamente com a irrigação em apenas uma fase. Ocorreu uma diminuição de aproximadamente 100 grãos se comparado a irrigação em todas as fases com todos os outros tratamentos considerados. Por isso, a irrigação em todas as fases diferiu dos demais tratamentos.

Dentre os tratamentos com irrigação em uma única fase, a irrigação na floração foi a que teve um maior número de grãos e diferiu dos tratamentos com nenhuma irrigação e com a irrigação em apenas no E.

Os outros tratamentos irrigação apenas na VI, irrigação apenas na VII, irrigação apenas na Fo e irrigação apenas no E não diferiram da supressão de irrigação em todas as fases.

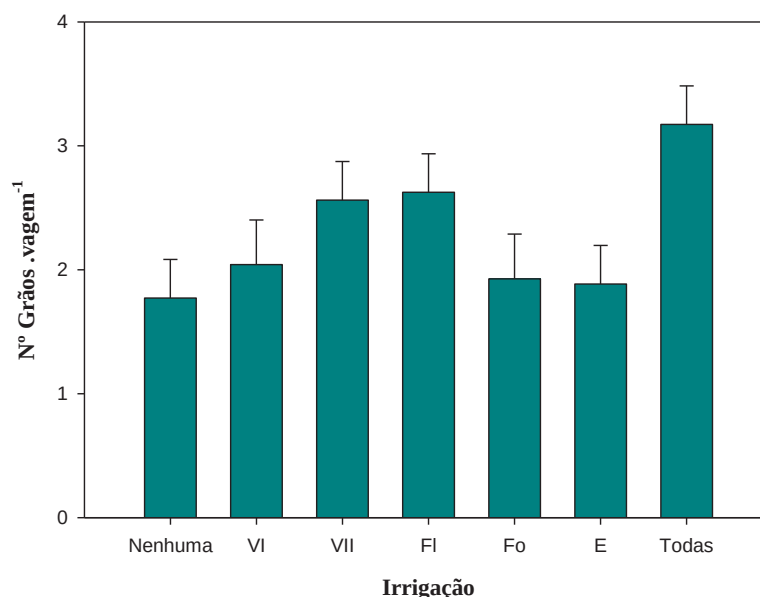


Figura 43. Número de grãos por vagem quando se irrigou apenas uma fase, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Na variável NGV (Figura 43) constatou-se que a irrigação apenas na Fl e a irrigação apenas na VII (V3 até floração) não diferiram do tratamento irrigado em todas as fases. Os outros tratamentos (VI, Fo e E) diferiram do tratamento com irrigação em todas as fases.

O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases não diferiu dos tratamentos com apenas uma fase irrigada.

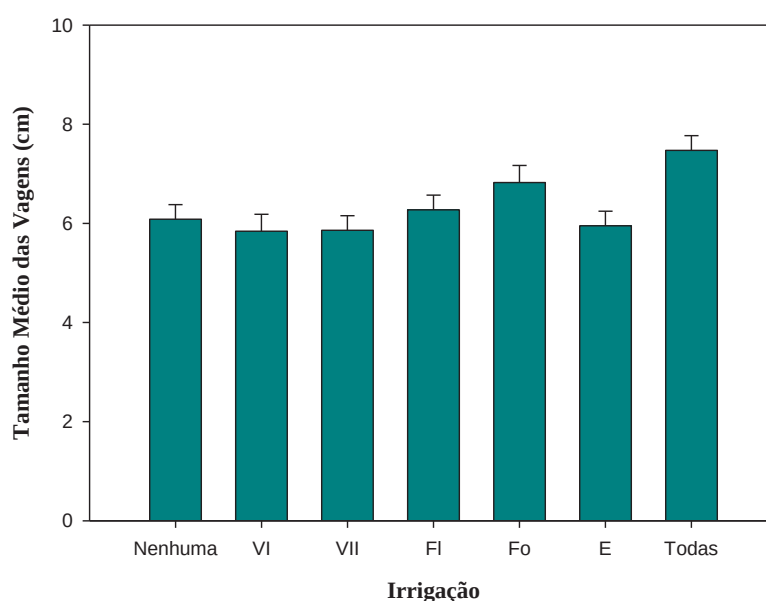


Figura 44. Tamanho médio das vagens (cm) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com a irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Quanto à variável tamanho médio das vagens (cm) (Figura 44), a irrigação em todas as fases foi a que apresentou o maior tamanho médio das vagens. O único tratamento que não diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases foi o tratamento com irrigação apenas na fase formação das vagens.

Além disso, a irrigação apenas na formação das vagens diferiu dos tratamentos com irrigação na VI e VII, mas não diferiu dos tratamentos com irrigação na Fl e com irrigação no E.

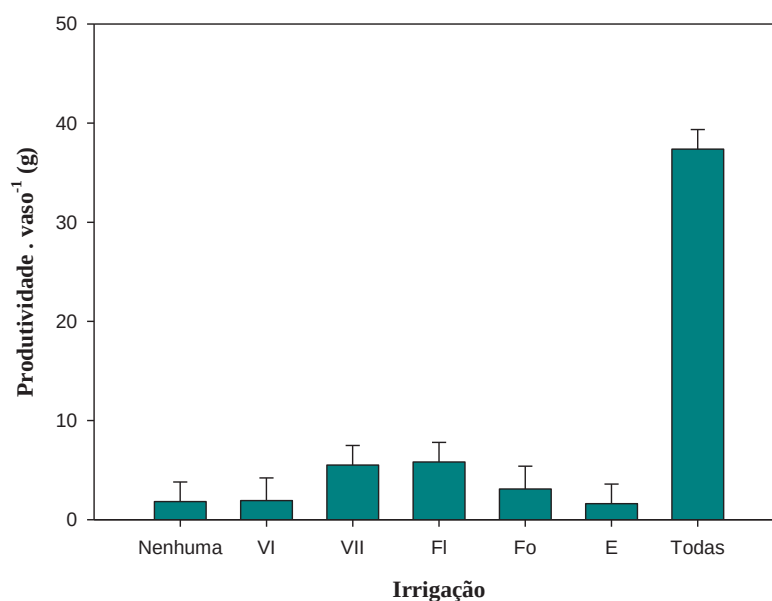


Figura 45. Produtividade por vaso (g) quando se irrigou apenas uma fase, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Pela variável produtividade por vaso (g) (Figura 45) observou-se que não é viável e recomendado realizar a irrigação em apenas uma das fases do feijoeiro, pois a produtividade destes tratamentos diminuiu muito em relação a irrigação em todas as fases. Além disso, os tratamentos com irrigação em uma única fase (VI, VII, Fl, Fo e E) não diferiram do tratamento com supressão da irrigação em todas as fases fenológicas.

A queda de produtividade dos tratamentos com apenas uma fase irrigada (VI, VII, Fl, Fo e E) foi de 94,8%, 85,3%, 84,4%, 91,7% e 95,7%, respectivamente, quando comparados com o tratamento com irrigação em todas as fases.

6.2.4 Irrigação em apenas duas Fases

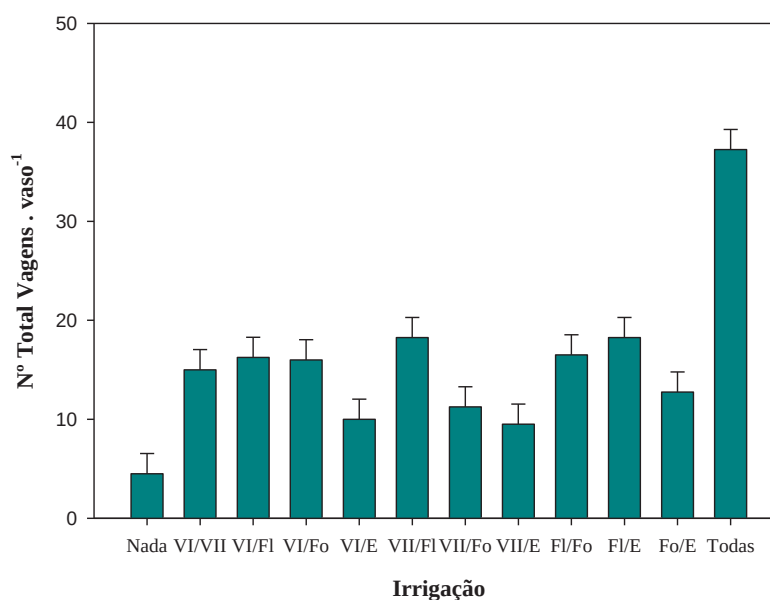


Figura 46. Número total de vagens quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Na variável número de vagens por vaso observou-se que a irrigação em todas as fases diferiu de todos os tratamentos com irrigação em duas fases e no tratamento com supressão de irrigação em todas as fases (Figura 46).

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII diferiu apenas dos tratamentos com irrigação em todas as fases e com supressão da irrigação em todas as fases, não diferindo dos tratamentos com irrigação em apenas duas fases.

O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases não diferiu significativamente dos tratamentos com irrigação nas fases VI/E e VII/E.

Os tratamentos com irrigação nas fases VI/E e VII/E diferiram dos tratamentos com irrigação nas seguintes fases VI/Fl, VI/Fo, VII/Fl, Fl/Fo e Fl/E. Além disso, o tratamento com irrigação nas fases VII/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fl e Fl/E.

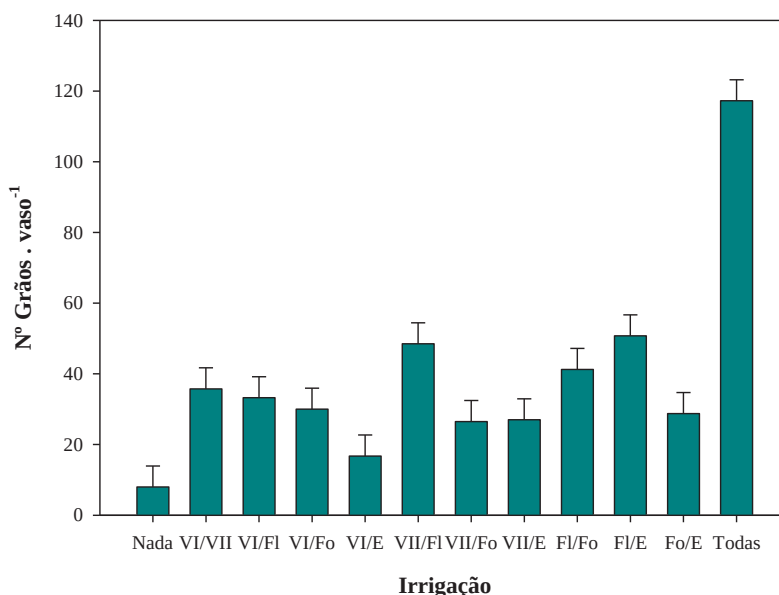


Figura 47. Número de grãos por vaso quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Para a variável número de grãos por vaso (Figura 47), o tratamento com irrigação em todas as fases diferiu de todos os tratamentos com irrigação em apenas duas fases. O tratamento com supressão da irrigação em todas as fases também diferiu de todos os outros tratamentos com irrigação em apenas duas fases com exceção do tratamento com irrigação nas fases VI/E. Além disso, o tratamento com irrigação apenas nas fases VI/E também diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII, VII/Fl, Fl/Fo e Fl/E.

O tratamento com irrigação nas fases Fl/E diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fl, VI/Fo, VI/E, VII/Fo, VII/E e Fo/E.

Já o tratamento com irrigação nas fases VII/Fl não diferiu significativamente dos tratamentos com irrigação nas fases VI/E, VII/Fo, VII/E e Fo/E.

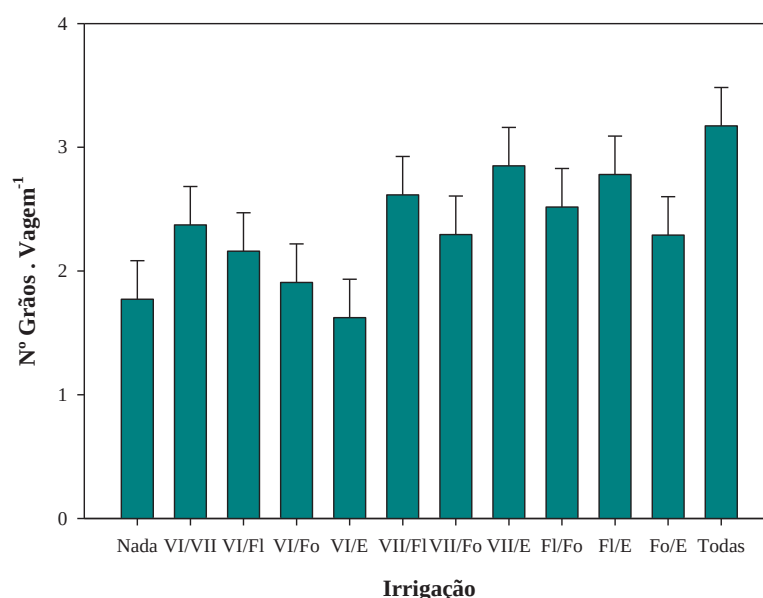


Figura 48. Número de grãos por vagem quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Quanto a variável número de grãos por vagem (Figura 48), o tratamento com supressão da irrigação em todas as fases fenológicas diferiu dos tratamentos com irrigação em todas as fases, e dos tratamentos com irrigação apenas nas fases VII/E e apenas nas fases Fl/E.

Já a irrigação em todas as fases diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fl, VI/Fo, VI/E, VII/Fo e Fo/E.

O tratamento com irrigação nas fases VI/E diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fl, VII/E, Fl/Fo e Fl/E. Além disso, o tratamento com irrigação nas fases VII/E diferiu do tratamento com irrigação nas fases VI/Fo.

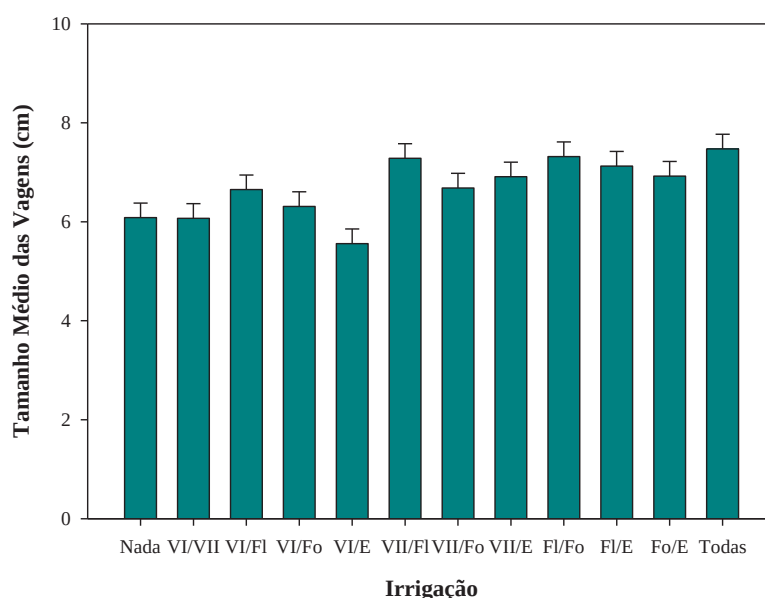


Figura 49. Tamanho médio de vagens (cm) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Para a variável tamanho médio das vagens (Figura 49), o tratamento com supressão da irrigação em todas as fases fenológicas do feijoeiro diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fl, Fl/Fo, Fl/E, Fo/E e com todas as fases irrigadas.

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII diferiu na variável tamanho médio das vagens (cm) dos tratamentos com irrigação em todas as fases e nas fases VII/Fl, VII/E, Fl/Fo, Fl/E e Fo/E.

Já o tratamento com irrigação nas fases VI/Fo também diferiu do tratamento com irrigação em todas as fases, além dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fl e Fl/Fo.

O tratamento com irrigação nas fases VI/E diferiu de quase todos os tratamentos considerados, com exceção do tratamento com supressão da irrigação em todas as fases e dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII e VI/Fo.

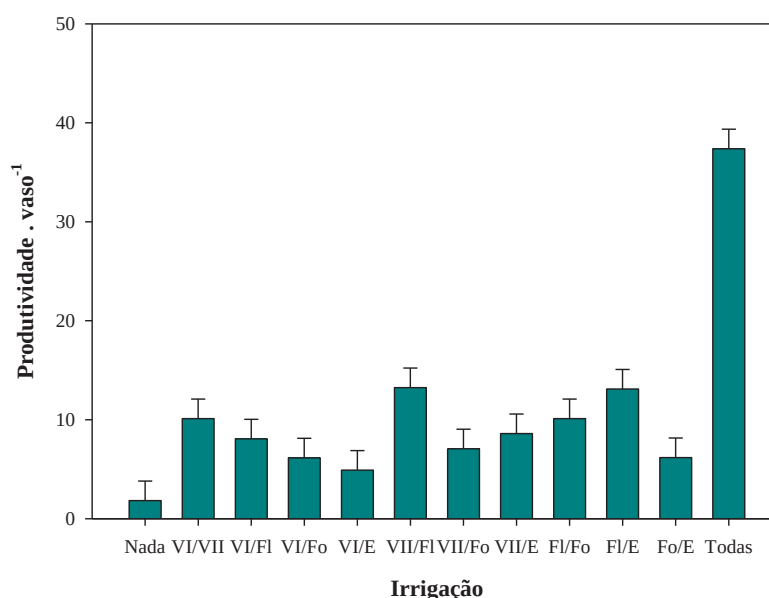


Figura 50. Produtividade por vaso (g) quando se irrigou a combinação de duas fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias

Na Figura 50 observa-se que o tratamento com supressão da irrigação em todas as fases diferiu de quase todos os tratamentos com exceção dos seguintes tratamentos: irrigação nas fases VI/Fo, VI/E e Fo/E.

Já o tratamento com irrigação em todas as fases diferiu de todos os tratamentos. Quando se comparou a irrigação em duas fases com a irrigação em todas as fases fenológicas, a queda de produtividade do tratamento VI/VII até o tratamento Fo/E foi de, respectivamente, 72,9%; 78,4%; 83,6%; 86,9%; 64,6%; 81,1%; 77%; 72,9%, 65% e 83,5%.

O tratamento com irrigação nas fases VII/Fl diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fo, VI/E, VII/Fo e Fo/E. Já o tratamento com irrigação nas fases Fl/E diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fo, VI/E, VII/Fo e Fo/E.

6.2.5 Irrigação em apenas três Fases

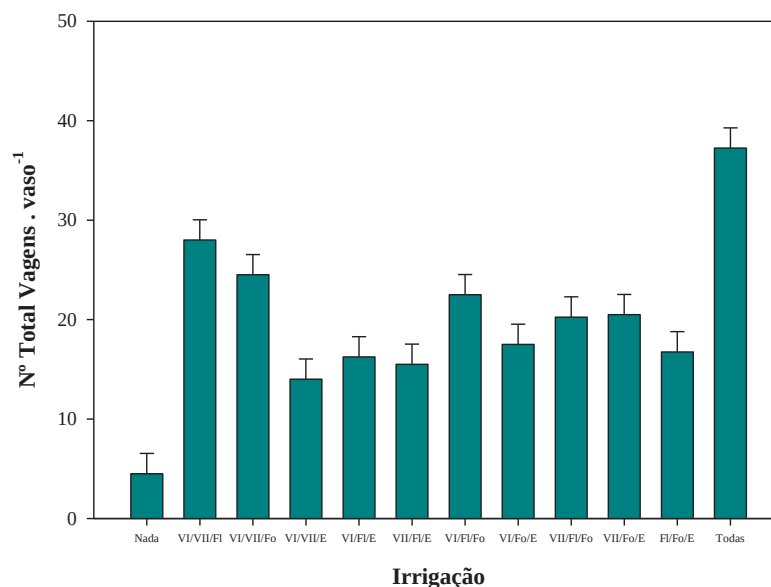


Figura 51. Número total de vagens quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Na variável número total de vagens por vaso (Figura 51), o tratamento com supressão de irrigação em todas as fases diferiu de todos os tratamentos com irrigação em apenas três fases. O tratamento com irrigação em todas as fases também diferiu de todos os tratamentos com irrigação em apenas três fases.

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fl apresentou diferença em relação aos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/E, VI/Fl/E, VII/Fl/E, VI/Fo/E, VII/Fl/Fo, VII/Fo/E e Fl/Fo/E. Já o tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/E, VI/Fl/E, VII/Fl/E, VI/Fo/E, Fl/Fo/E. O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/E diferiu também dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fl/Fo, VII/Fl/Fo e VII/Fo/E. Finalmente, o tratamento com irrigação nas fases VI/Fl/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fl/E, VII/Fl/E e Fl/Fo/E.

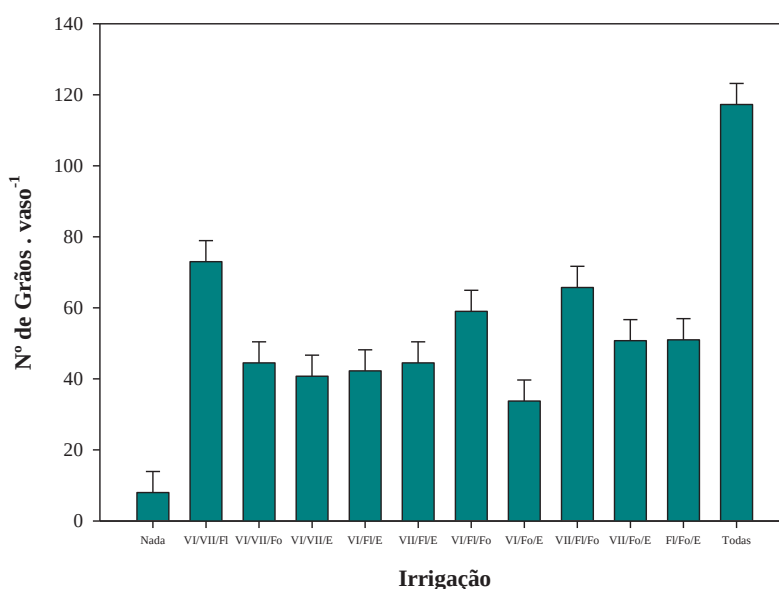


Figura 52. Número de grãos por vaso quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Quanto à variável número de grãos por vaso (Figura 52), a irrigação em todas as fases apresentou diferença significativa em relação a todos os tratamentos com irrigação em apenas três fases. O mesmo ocorreu com o tratamento com supressão da irrigação em todas as fases, pois diferiu de todos os tratamentos considerados.

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fl diferiu de quase todos os tratamentos com irrigação em apenas três fases, com exceção dos com irrigação nas fases VI/Fl/Fo e VII/Fl/Fo.

O tratamento com irrigação nas fases VII/Fl/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/Fo, VI/VII/E, VI/Fl/E, VII/Fl/E e VI/Fo/E. Já o tratamento com irrigação nas fases VI/Fl/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/E, VI/Fl/E e VI/Fo/E. Este último tratamento citado (VI/Fo/E) também diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VII/Fo/E e Fl/Fo/E.

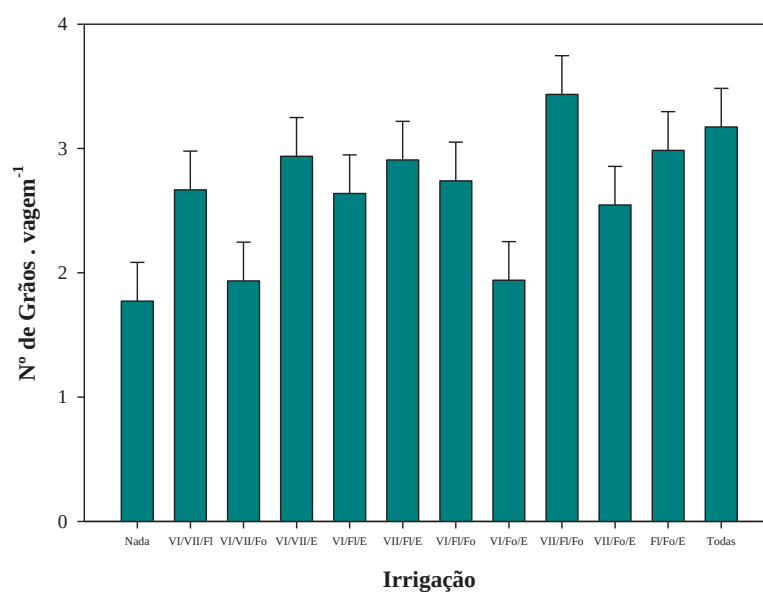


Figura 53. Número de grãos por vagem quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

Na Figura 53 observa-se que o tratamento com supressão de irrigação em todas as fases do feijoeiro não diferiu dos tratamentos com irrigação VI/VII/Fo, VI/VII/E, VI/Fo/E e VII/Fo/E.

Já o tratamento com irrigação em todas as fases diferiu apenas do tratamento com irrigação nas fases VI/Fo/E. Além disso, este tratamento (VI/Fo/E) diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/E, VII/FI/E, VII/FI/Fo e FI/Fo/E.

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/E, VII/FI/E, VII/FI/Fo e FI/Fo/E. Já o tratamento com irrigação nas fases VII/Fo/E diferiu do tratamento com irrigação nas fases VII/FI/Fo.

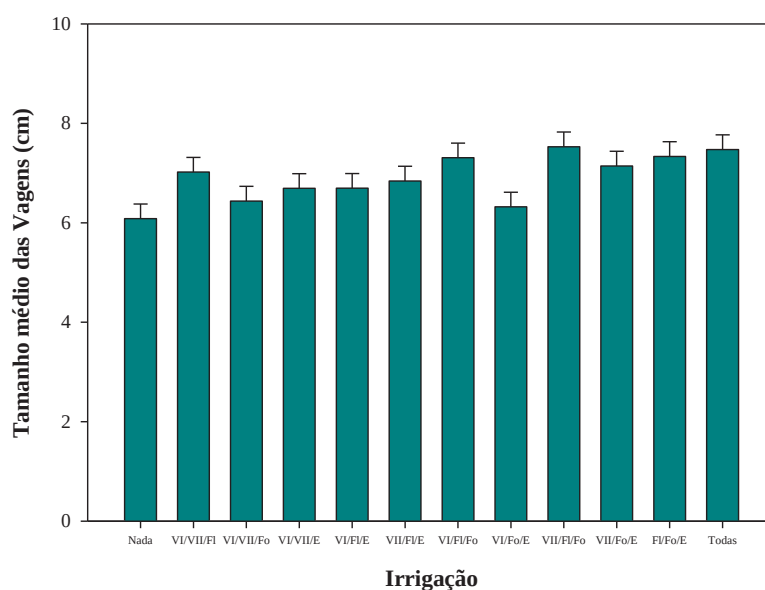


Figura 54. Tamanho médio de vagens (cm) quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias de 4 repetições

A variável tamanho médio das vagens (cm) (Figura 54) não diferiu muito entre os tratamentos. No tratamento com supressão da irrigação em todas as fases, as diferenças ocorreram com os tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/Fl, VI/Fl/Fo, VII/Fl/Fo, VII/Fo/E e Fl/Fo/E.

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação em todas as fases e nas fases VI/Fl/Fo, VII/Fl/Fo e Fl/Fo/E. Já o tratamento com irrigação nas fases VI/Fo/E diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fl/Fo, VII/Fl/Fo, Fl/Fo/E e em todas as fases.

O tratamento com irrigação nas fases VII/Fl/Fo diferiu ainda dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/E e VI/Fl/E.

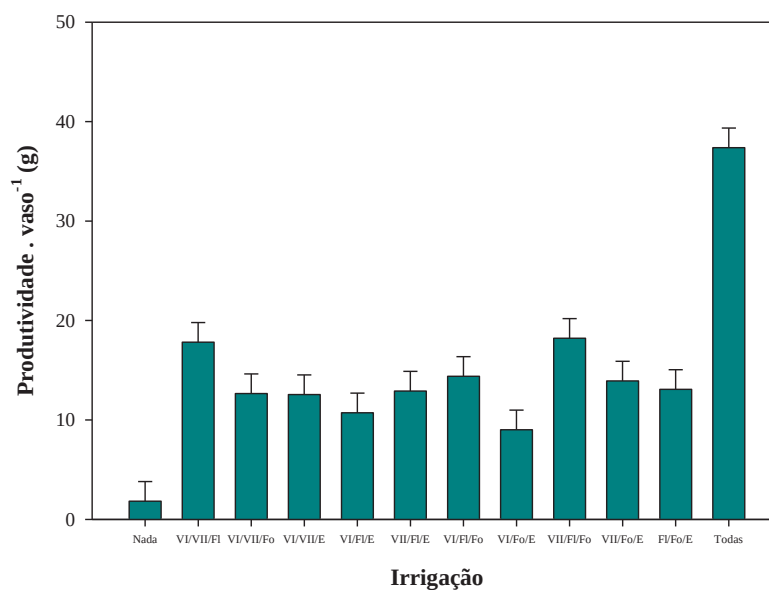


Figura 55. Produtividade por vaso(g) quando se irrigou a combinação de três fases, comparada com irrigação em todas e em nenhuma das fases. Barras verticais mostram o desvio padrão das médias

Na variável produtividade por vaso (g) (Figura 55) observou-se queda acentuada mesmo para a irrigação em três fases. Constatou-se um aumento da produtividade de todos os tratamentos considerados se comparado com a supressão de irrigação em todas as fases. Por este motivo, tanto a irrigação em todas as fases, quanto a supressão de irrigação em todas as fases, apresentaram diferença entre si e entre os tratamentos com irrigação em apenas três fases fenológicas do feijoeiro.

O tratamento com irrigação nas fases VI/VII/Fl diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/Fl/E e VI/Fo/E. Já o tratamento com irrigação nas fases VII/Fl/Fo diferiu dos tratamentos com irrigação nas fases VI/VII/Fo, VI/VII/E, VI/Fl/E e VI/Fo/E.

Em relação ao tratamento com irrigação em todas as fases, a queda de produtividade para os tratamentos VI/VII/Fl, VI/VII/Fo, VI/VII/E, VI/Fl/E, VII/Fl/E, VI/Fl/Fo, VI/Fo/E, VII/Fl/Fo, VII/Fo/E e Fl/Fo/E foi de, respectivamente, 52,3%, 66,2%, 66,4%, 71,3%, 65,5%, 61,5%, 75,9%, 51,3%, 62,7% e 65%. Percebeu-se que a variável produtividade foi menos afetada nos tratamentos em que havia pelo menos irrigação nas fases VII/Fl. Por

exemplo, o tratamento com irrigação nas fases VII/Fl/Fo, VI/VII/Fl e VII/Fl/E sofreram diminuição da produtividade de 51,3%, 52,3% e 61,5%, respectivamente.

6.2.6 Contrastes Ortogonais

Os contrastes ortogonais também foram utilizados para comparação dos tratamentos no experimento na estufa. A Tabela 12 comparou a presença com a ausência de irrigação em apenas uma fase fenológica.

Tabela 12. Comparação entre a presença ou não de irrigação em apenas uma fase fenológica através dos contrastes ortogonais (experimento casa de vegetação)

Combinações			Fase considerada	Pr > t
V1-V3 (VI)	X	Nenhuma (N)	VI	0,9748
V4 – R8 (VII)	X	N	VII	0,1913
Floração (Fl)	X	N	Fl	0,1569
Formação vagens (Fo)	X	N	Fo	0,6750
Enchimento grãos (E)	X	N	E	0,9381
VI/VII	X	VII	VI	0,1029
VI/Fl	X	Fl	VI	0,4239
VI/Fo	X	Fo	VI	0,3182
VI/E	X	E	VI	0,2429
VI/VII/Fl	X	VII/Fl	VI	0,1048
VI/VII/Fo	X	VII/Fo	VI	0,0485
VI/VII/E	X	VII/E	VI	0,1613
VI/Fl/Fo	X	Fl/Fo	VI	0,1303
VI/Fl/E	X	Fl/E	VI	0,3962
VI/Fo/E	X	Fo/E	VI	0,3123
VI/VII/Fl/Fo	X	VII/Fl/Fo	VI	0,0395
VI/VII/Fl/E	X	VII/Fl/E	VI	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	VII/Fo/E	VI	0,9644
VI/Fl/Fo/E	X	Fl/Fo/E	VI	0,0575
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fl/Fo/E	VI	<0,0001
VI/VII	X	VI	VII	0,0081
VII/Fl	X	Fl	VII	0,0094
VII/Fo	X	Fo	VII	0,1943
VII/E	X	E	VII	0,0141
VI/VII/Fl	X	VI/Fl	VII	0,0007
VI/VII/Fo	X	VI/Fo	VII	0,0221
VI/VII/E	X	VI/E	VII	0,0074
VII/Fl/Fo	X	Fl/Fo	VII	0,0047
VII/Fl/E	X	Fl/E	VII	0,9452

VII/Fo/E	X	Fo/E	VII	0,0067
VI/VII/FI/Fo	X	VI/FI/Fo	VII	0,0008
VI/VII/FI/E	X	VI/FI/E	VII	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	VI/Fo/E	VII	0,0900
VII/FI/Fo/E	X	FI/Fo/E	VII	0,1857
VI/VII/FI/Fo/E	X	VI/FI/Fo/E	VII	<0,0001
VI/FI	X	VI	FI	0,0454
VII/FI	X	VII	FI	0,0069
FI/Fo	X	Fo	FI	0,0227
FI/E	X	E	FI	<0,0001
VI/VII/FI	X	VI/VII	FI	0,0070
VI/FI/Fo	X	VI/Fo	FI	0,0040
VI/FI/E	X	VI/E	FI	0,0401
VII/FI/Fo	X	VII/Fo	FI	0,0001
VII/FI/E	X	VII/E	FI	0,1274
FI/Fo/E	X	Fo/E	FI	0,0154
VI/VII/FI/Fo	X	VI/VII/Fo	FI	<0,0001
VI/VII/FI/E	X	VI/VII/E	FI	<0,0001
VI/FI/Fo/E	X	VI/Fo/E	FI	0,0015
VII/FI/Fo/E	X	VII/Fo/E	FI	0,3068
VI/VII/FI/Fo/E	X	VI/VII/Fo/E	FI	<0,0001
VI/Fo	X	VI	Fo	0,1671
VII/Fo	X	VII	Fo	0,5805
FI/Fo	X	FI	Fo	0,1276
Fo/E	X	E	Fo	0,1065
VI/VII/Fo	X	VI/VII	Fo	0,3668
VI/FI/Fo	X	VI/FI	Fo	0,0261
VI/Fo/E	X	VI/E	Fo	0,1447
VII/FI/Fo	X	VII/FI	Fo	0,0787
VII/Fo/E	X	VII/E	Fo	0,0603
FI/Fo/E	X	FI/E	Fo	0,9915
VI/VII/FI/Fo	X	VI/VII/FI	Fo	0,0283
VI/VII/Fo/E	X	VI/VII/E	Fo	0,6571
VI/FI/Fo/E	X	VI/FI/E	Fo	0,0082
VII/FI/Fo/E	X	VII/FI/E	Fo	0,1674
VI/VII/FI/Fo/E	X	VI/VII/FI/E	Fo	0,0001
VI/E	X	VI	E	0,3287
VII/E	X	VII	E	0,2707
FI/E	X	FI	E	0,0108
Fo/E	X	Fo	E	0,3135
VI/VII/E	X	VI/VII	E	0,3850
VI/FI/E	X	VI/FI	E	0,3451
VI/Fo/E	X	VI/Fo	E	0,3072
VII/FI/E	X	VII/FI	E	0,9049
VII/Fo/E	X	VII/Fo	E	0,0160
FI/Fo/E	X	FI/Fo	E	0,2936

VI/VII/Fl/E	X	VI/VII/Fl	E	0,0040
VI/VII/Fo/E	X	VI/VII/Fo	E	0,6817
VI/Fl/Fo/E	X	VI/Fl/Fo	E	0,1398
VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fl/Fo	E	0,6139
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/VII/Fl/Fo	E	<0,0001

Não houve diferença significativa entre o tratamento com a supressão de irrigação em todas as fases e os tratamentos com irrigação em apenas uma fase, sugerindo que não é recomendável a irrigação em apenas uma fase.

Já na primeira fase (emergência – V3) as diferenças foram grandes entre as plantas irrigadas normalmente em relação àquelas que receberam 25% da lâmina requerida (Figura 56).



Figura 56. Diferenças dos tratamentos já na primeira fase (Emergência-V3). O vaso da esquerda corresponde à lâmina adequada de água e o vaso da direita corresponde a 25% da lâmina aplicada.

No caso da comparação entre a presença e ausência de irrigação na fase V1 (V1 até V3) do feijoeiro, apenas as combinações VII(V4 até floração)/Fo (formação das vagens) e VII/Fl (floração)/Fo diferiram a 5% de probabilidade e apenas as combinações VII/Fl/E (enchimento de grãos) e VII/Fl/Fo/E diferiram significativamente a 1% de probabilidade. As outras possíveis combinações com irrigação na VI quando comparadas com as mesmas combinações sem irrigação na VI não diferiram significativamente.

Já no caso da comparação entre a presença e ausência de irrigação na VII não ocorreu diferença significativa nas seguintes combinações: Fo (VII/Fo X Fo), Fl/E,

VI/Fo/E e Fl/Fo/E. As outras combinações foram todas significativas a 1%, com exceção da combinação VI/Fo, que foi significativo a 5% de probabilidade.

Na comparação entre a irrigação e a não irrigação na fase Fl apenas as combinações VII/E e VII/Fo/E não sofreram diferença significativa. Já as combinações VI, Fo, VI/E e Fo/E diferiram significativa a 5% de probabilidade. As outras possíveis combinações diferiram a 1% de significância.

Quando foram comparadas as possíveis combinações com a presença e a ausência de irrigação na fase Fo, a maioria das comparações não diferiu significativamente, com exceção das comparações entre VI/Fl, VI/VII/Fl (5% de diferença significativa), VI/Fl/E e VI/VII/Fl/E (diferiu a 1% de significância).

Na comparação entre a irrigação e não irrigação na fase E, as combinações Fl e VII/Fo diferiram a 5% de probabilidade e as combinações VI/VII/Fl e VI/VII/Fl/Fo diferiram a 1% de significância. Quanto às outras comparações, não diferiram significativamente.

Tabela 13. Comparação entre a presença ou não de irrigação em apenas duas fases fenológicas através dos contrastes ortogonais (experimento casa de vegetação)

Combinações			Fases consideradas	Pr > t
VI/VII	X	N	VI/VII	0,0039
VI/VII/Fl	X	Fl	VI/VII	<0,0001
VI/VII/Fo	X	Fo	VI/VII	0,0022
VI/VII/E	X	E	VI/VII	0,0002
VI/VII/Fl/Fo	X	Fl/Fo	VI/VII	<0,0001
VI/VII/Fl/E	X	Fl/E	VI/VII	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	Fo/E	VI/VII	0,0076
VI/VII/Fl/Fo/E	X	Fl/Fo/E	VI/VII	<0,0001
VI/Fl	X	N	VI/Fl	0,0282
VI/VII/Fl	X	VII	VI/Fl	<0,0001
VI/Fl/Fo	X	Fo	VI/Fl	0,0003
VI/Fl/E	X	E	VI/Fl	0,0016
VI/VII/Fl/Fo	X	VII/Fo	VI/Fl	<0,0001
VI/VII/Fl/E	X	VII/E	VI/Fl	<0,0001
VI/Fl/Fo/E	X	Fo/E	VI/Fl	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fo/E	VI/Fl	<0,0001
VI/Fo	X	N	VI/Fo	0,1266
VI/VII/Fo	X	VII	VI/Fo	0,0123

VI/Fl/Fo	X	Fl	VI/Fo	0,0029
VI/Fo/E	X	E	VI/Fo	0,0096
VI/VII/Fl/Fo	X	VII/Fl	VI/Fo	0,0002
VI/VII/Fo/E	X	VII/E	VI/Fo	0,0665
VI/Fl/Fo/E	X	Fl/E	VI/Fo	0,0587
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fl/E	VI/Fo	<0,0001
VI/E	X	N	VI/E	0,2753
VI/VII/E	X	VII	VI/E	0,0135
VI/Fl/E	X	Fl	VI/E	0,0831
VI/Fo/E	X	Fo	VI/E	0,0540
VI/VII/Fl/E	X	VII/Fl	VI/E	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	VII/Fo	VI/E	0,0179
VI/Fl/Fo/E	X	Fl/Fo	VI/E	0,0047
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fl/Fo	VI/E	<0,0001
VII/Fl	X	N	VII/Fl	<0,0001
VI/VII/Fl	X	VI	VII/Fl	<0,0001
VII/Fl/Fo	X	Fo	VII/Fl	<0,0001
VII/Fl/E	X	E	VII/Fl	0,0001
VI/VII/Fl/Fo	X	VI/Fo	VII/Fl	<0,0001
VI/VII/Fl/E	X	VI/E	VII/Fl	<0,0001
VII/Fl/Fo/E	X	Fo/E	VII/Fl	0,0003
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/Fo/E	VII/Fl	<0,0001
VII/Fo	X	N	VII/Fo	0,0646
VI/VII/Fo	X	VI	VII/Fo	0,0006
VII/Fl/Fo	X	Fl	VII/Fo	<0,0001
VII/Fo/E	X	E	VII/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo	X	VI/Fl	VII/Fo	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	VI/E	VII/Fo	0,0020
VII/Fl/Fo/E	X	Fl/E	VII/Fo	0,1892
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/Fl/E	VII/Fo	<0,0001
VII/E	X	N	VII/E	0,0173
VI/VII/E	X	VI	VII/E	0,0007
VII/Fl/E	X	Fl	VII/E	0,0129
VII/Fo/E	X	Fo	VII/E	0,0006
VI/VII/Fl/E	X	VI/Fl	VII/E	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	VI/Fo	VII/E	0,0074
VII/Fl/Fo/E	X	Fl/Fo	VII/E	0,0189
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/Fl/Fo	VII/E	<0,0001
Fl/Fo	X	N	Fl/Fo	0,0039
VI/Fl/Fo	X	VI	Fl/Fo	<0,0001
VII/Fl/Fo	X	VII	Fl/Fo	<0,0001
Fl/Fo/E	X	E	Fl/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo	X	VI/VII	Fl/Fo	<0,0001
VI/Fl/Fo/E	X	VI/E	Fl/Fo	<0,0001
VII/Fl/Fo/E	X	VII/E	Fl/Fo	0,0043
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/VII/E	Fl/Fo	<0,0001

Fl/E	X	N	Fl/E	0,0001
VI/Fl/E	X	VI	Fl/E	0,0046
VII/Fl/E	X	VII	Fl/E	0,0096
Fl/Fo/E	X	Fo	Fl/E	0,0014
VI/VII/Fl/E	X	VI/VII	Fl/E	<0,0001
VI/Fl/Fo/E	X	VI/Fo	Fl/E	<0,0001
VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fo	Fl/E	0,0008
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/VII/Fo	Fl/E	<0,0001
Fo/E	X	N	Fo/E	0,1240
VI/Fo/E	X	VI	Fo/E	0,0214
VII/Fo/E	X	VII	Fo/E	0,0034
Fl/Fo/E	X	Fl	Fo/E	0,0111
VI/VII/Fo/E	X	VI/VII	Fo/E	0,1907
VI/Fl/Fo/E	X	VI/Fl	Fo/E	0,0006
VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fl	Fo/E	0,2067
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/VII/Fl	Fo/E	<0,0001

Quando se considerou as fases VI/VII como referência para as comparações (ou seja, as combinações com irrigação nas fases VI/VII foram comparadas com as mesmas combinações sem a irrigação nas fases VI/VII), todas as comparações diferiram significativamente.

Já nas comparações com e sem irrigação nas fases VI/Fl todas as possíveis comparações diferiram.

Na comparação entre a presença e ausência de irrigação nas fases VI/Fo não houve diferença significativa entre os tratamentos VI/Fo e supressão de irrigação em todas as fases, possivelmente pelo feijoeiro não se desenvolve bem com a presença de irrigação apenas nestas duas fases VI/Fo. Outras combinações que não diferiram significativamente foram as seguintes: VI/VII/Fo/E e VI/Fl/Fo/E. Com exceção da comparação entre o tratamento VI/VII/Fo e o tratamento VII ocorreu diferença significativa a 5% de probabilidade, nas outras comparações a diferença foi de 1% de probabilidade.

Quanto as possíveis combinações com irrigação nas fases VI/E comparadas com as mesmas combinações sem irrigação nestas fases, não ocorreu diferença significativa entre os seguintes tratamentos: VI/E X supressão de água em todas as fases; VI/Fl/E X Fl; VI/Fo/E X Fo. As outras comparações diferiram pelo menos a 5% de probabilidade.

Quando as fases consideradas foram VII/Fl, Fl/Fo e Fl/E, todas as possíveis comparações diferiram significativamente a 1% de probabilidade. Já quando a fase considerada foi VII/E, as comparações diferiram pelo menos a 5% de probabilidade.

No caso da comparação entre a presença e ausência de irrigação nas fases VII/Fo, não ocorreu diferença significativa nas combinações entre os tratamentos VII/Fo X supressão de irrigação em todas as fases e VII/Fl/Fo/E X Fl/E. As outras possíveis comparações diferiram significativamente a 1% de probabilidade.

Quando a comparação ocorreu com a irrigação nas fases Fo/E e sem a irrigação nestas fases, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos Fo/E X nenhuma fase irrigada; VI/VII/Fo/E X VI/VII; VII/Fl/Fo/E X VII/Fl. As outras comparações diferiram pelo menos 5% de probabilidade.

Tabela 14. Comparação entre a presença ou não de irrigação em três ou mais fases fenológicas através dos contrastes ortogonais (experimento casa de vegetação)

Combinações			Fases consideradas	Pr > t
VI/VII/Fl	X	N	VI/VII/Fl	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo	X	Fo	VI/VII/Fl	<0,0001
VI/VII/Fl/E	X	E	VI/VII/Fl	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	Fo/E	VI/VII/Fl	<0,0001
VI/VII/Fo	X	N	VI/VII/Fo	0,0002
VI/VII/Fl/Fo	X	Fl	VI/VII/Fo	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	E	VI/VII/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	Fl/E	VI/VII/Fo	<0,0001
VI/VII/E	X	N	VI/VII/E	0,0002
VI/VII/Fl/E	X	Fl	VI/VII/E	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	Fo	VI/VII/E	0,0006
VI/VII/Fl/Fo/E	X	Fl/Fo	VI/VII/E	<0,0001
VI/Fl/Fo	X	N	VI/Fl/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo	X	VII	VI/Fl/Fo	<0,0001
VI/Fl/Fo/E	X	E	VI/Fl/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII/E	VI/Fl/Fo	<0,0001
VI/Fl/E	X	N	VI/Fl/E	0,0020
VI/VII/Fl/E	X	VII	VI/Fl/E	<0,0001
VI/Fl/Fo/E	X	Fo	VI/Fl/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fo	VI/Fl/E	<0,0001
VI/Fo/E	X	N	VI/Fo/E	0,0118
VI/VII/Fo/E	X	VII	VI/Fo/E	0,0039
VI/Fl/Fo/E	X	Fl	VI/Fo/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII/Fl	VI/Fo/E	<0,0001

VII/Fl/Fo	X	N	VII/Fl/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo	X	VI	VII/Fl/Fo	<0,0001
VII/Fl/Fo/E	X	E	VII/Fl/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/E	VII/Fl/Fo	<0,0001
VII/Fl/E	X	N	VII/Fl/E	0,0001
VI/VII/Fl/E	X	VI	VII/Fl/E	<0,0001
VII/Fl/Fo/E	X	Fo	VII/Fl/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/Fo	VII/Fl/E	<0,0001
VII/Fo/E	X	N	VII/Fo/E	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	VI	VII/Fo/E	0,0002
VII/Fl/Fo/E	X	Fl	VII/Fo/E	0,0002
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/Fl	VII/Fo/E	<0,0001
Fl/Fo/E	X	N	Fl/Fo/E	0,0001
VI/Fl/Fo/E	X	VI	Fl/Fo/E	<0,0001
VII/Fl/Fo/E	X	VII	Fl/Fo/E	0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI/VII	Fl/Fo/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo	X	N	VI/VII/Fl/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	E	VI/VII/Fl/Fo	<0,0001
VI/VII/Fl/E	X	N	VI/VII/Fl/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	Fo	VI/VII/Fl/E	<0,0001
VI/VII/Fo/E	X	N	VI/VII/Fo/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	Fl	VI/VII/Fo/E	<0,0001
VI/Fl/Fo/E	X	N	VI/Fl/Fo/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VII	VI/Fl/Fo/E	<0,0001
VII/Fl/Fo/E	X	N	VII/Fl/Fo/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	VI	VII/Fl/Fo/E	<0,0001
VI/VII/Fl/Fo/E	X	N	VI/VII/Fl/Fo/E	<0,0001

Na comparação entre a presença e a ausência de irrigação considerando 3 ou 4 fases como critério de comparação (VI/VII/Fl, VI/VII/Fo, VI/VII/E, VI/Fl/Fo, VI/Fl/E, VII/Fl/Fo, VII/Fl/E, VII/Fo/E, Fl/Fo/E, VI/VII/Fl/Fo, VI/Fl/Fo/E, VI/VII/Fl/E, VI/VII/Fo/E, VII/Fl/Fo/E) ocorreu diferença significativa a 1% de probabilidade, com exceção da comparação entre os tratamentos VI/Fo/E X supressão de irrigação em todas as fases que diferiu a 5% de probabilidade.

6.2.7 Colheita do Experimento II

A Tabela 15 mostra as colheitas realizadas nos diferentes tratamentos.

Tabela 15. Data da colheita dos tratamentos

Data da Colheita	Tratamentos
09/09/2011	7, 17, 18, 19, 27, 28 e 32
16/09/2011	1, 2, 3, 8, 10, 20, 22 e 29
22/09/2011	4, 11, 14, 24 e 30
26/09/2011	5, 6, 9, 12, 13, 15, 16, 21, 23, 25, 26 e 31

Observou-se pela Tabela 15 que a colheita do tratamento com irrigação em todas as fases (T32) foi realizada no dia 9 de setembro de 2011 e que a falta de água em alguma fase ou em algumas fases do feijoeiro interfere na época colheita da cultura. Percebe-se que a colheita dos tratamentos que tiveram supressão da irrigação na Fl ou Fo ou E e foram irrigados na fase Vegetativa, ocorreu na mesma data que o tratamento com irrigação em todas as fases. Estes tratamentos foram: T7 (supressão de água durante Fl/Fo/E), T17 (supressão da irrigação na Fo/E), T18 (falta de água na Fl/E), T19 (supressão de irrigação nas fases Fl/Fo), T27 (supressão de água no E) e T28 (supressão da irrigação na Fo). De acordo com alguns autores (SINGH, 1995; ZLATEV; STOYANOV, 2005; SZILAGYI, 2003), o stress hídrico durante a Floração e Enchimento de Grãos acelera a maturidade do feijão.

Os tratamentos com supressão da irrigação na VI e/ou VII (apenas uma delas ou na combinação das duas) atrasaram o ciclo normal de desenvolvimento do feijoeiro. São eles os tratamentos: 5 (irrigação apenas na Fo), 6 (irrigação apenas no E), 9 (irrigação apenas na VI/Fo), 12 (com irrigação na VII/Fo), 13 (irrigação na VII/E), 15 (irrigação na Fl/E), 16 (irrigação Fo/E), 21 (supressão da irrigação na VI e Fo), 23 (supressão de água na VII/Fl), 25 (supressão de água na VI/E), 26 (falta de irrigação na VI/VII) e 31 (supressão da irrigação apenas na fase VI), nos quais a colheita ocorreu com 17 dias depois do primeiro tratamento colhido.

7 CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS RESULTADOS

Os tratamentos que mais foram afetados pela falta de água foram os que sofreram supressão de água na fase vegetativa e/ou na floração (combinação das duas fases ou na supressão de uma delas), sendo que os tratamentos com supressão em uma dessas duas fases ou na combinação das duas fases foram os mais afetados nos dois experimentos (experimento I – vegetativa/floração e experimento II – VI/VII/FI). Períodos de stress hídrico durante a fase reprodutiva em feijão comum, têm sido associados a uma significativa redução no rendimento de grãos (EMAN; SEGHATOLESLAMI, 2005; EMAN, 1985). Diminuição no rendimento de grãos tem sido resultado de uma menor porcentagem de produção de vagens, quando o déficit ocorre durante a floração (EMAN, 1985) e aborto de embriões, quando na fase de formação de vagens (ROBINS; DOMINGO, 1956).

A supressão da irrigação durante a fase vegetativa foi uma das mais afetadas nos dois experimentos. Souza e Lima (2010), avaliando a influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro (fase vegetativa, pré-floração, plena floração e enchimento de grãos) cv. Carioca comum, concluíram que o déficit hídrico no estágio vegetativo promoveu maior redução de produtividade.

De acordo com Karamanos et al. (1982), a ocorrência de estresse hídrico durante a fase vegetativa inicial, provoca redução do crescimento e da superfície fotossintética, ocorrendo conseqüentemente, menor número de flores, de vagens por planta e de grãos por vagens. Durante a fase do desenvolvimento do feijoeiro, o déficit hídrico tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas.

Conforme Bascur et al. (1985a) durante o desenvolvimento do feijoeiro a atividade fotossintética aumenta com o crescimento da área foliar, até a sua expansão máxima. Entretanto, segundo Fancelli e Dourado Neto (1991) e Guimarães (1996) a deficiência hídrica poderá paralisar o crescimento foliar, tendo efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar fotossinteticamente ativa.

A supressão da irrigação durante a floração afetou significativamente as variáveis avaliadas nos dois experimentos. Quando o stress hídrico ocorre durante a floração, a redução no rendimento de grãos foi maior (MILLER; BURKE, 1983). Stoker (1974) sugere que a redução no rendimento do feijoeiro submetido a stress hídrico foi causado principalmente por abscisão de flores e vagens novas.

Para Fageria et al. (1991), a fase da planta mais sensível à deficiência de água é a reprodutiva, sendo altamente vulnerável desde o início da floração até o início da formação das vagens.

A supressão hídrica durante o enchimento de grãos não foi muito afetado em nenhum dos experimentos, se comparado com a supressão na fase vegetativa ou floração. Mas muitos outros trabalhos mostram que o stress hídrico no enchimento de grãos afeta nas variáveis produtivas. De acordo com alguns autores (SINGH, 1995; ZLATEV; STOYANOV, 2005; SZILAGYI, 2003), o stress hídrico durante a floração e enchimento de grãos reduz a produtividade e o peso de sementes e acelera a maturidade do feijão.

Oliveira (1987) avaliou o déficit hídrico na cultura do feijoeiro em casa de vegetação concluindo que o déficit hídrico nas fases de crescimento, floração e de frutificação causou redução de 31,2%; 10,8% e 51,8% na produção de grãos, respectivamente. No presente trabalho, a produção de grãos foi mais afetada com a supressão de água no crescimento e floração.

A supressão de irrigação em uma ou algumas fases reduziu o número de vagens total e número de grãos. A água, além de ser o principal constituinte do

protoplasma, participa diretamente de inúmeras reações químicas, responsáveis pela turgescência celular. A redução da absorção de água e a consequente desidratação das células comprometem os processos fisiológicos afetando, assim, todos os componentes de crescimento (PÁEZ et al., 1995).

De acordo com Nascimento et al. (2004), o componente NVP (número de vagens por planta) foi grandemente afetado pelos níveis de estresse hídrico e com mais severidade que o ocorrido nos outros componentes, em todos os níveis de déficit hídrico impostos pelos tratamentos. Segundo Leite et al. (2000), tal comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos de resistência à seca utilizado por esta planta, no sentido de buscar melhores condições para superar a falta de água, produzindo menor quantidade de vagens. Miranda e Belmar (1977) e Stone *et al.* (1988) também observaram redução no número de vagens por planta em feijoeiros submetidos à deficiência hídrica.

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree; Fernández (1989) e Taiz; Zeiger (1991), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Para Fernández et al. (1996) a área foliar é um importante fator da produção e determina o uso da água pela planta, sendo que seu potencial de produtividade é severamente inibido quando submetida ao déficit hídrico. A perda acentuada de água reduz a multiplicação e o alongamento das células, resultando em plantas menores e, em consequência, na redução da área foliar. A limitação na área foliar pode ser considerada uma primeira reação das plantas ao déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 1991). Tanto no experimento I – campo, como no experimento II – casa de vegetação, ocorreu abscisão das folhas quando ocorreu irrigação na fase vegetativa, associado com supressão de água na floração como observado na Figura 57.



Figura 57. (A) Tratamento com irrigação durante a fase vegetativa. Foto: Thomas, 31/08/2010; (B) Tratamento com irrigação na Vegetativa, mas com supressão na Floração. Foto: Thomas, 20/09/2010

Considerando-se os órgãos da planta, as raízes são as menos estudadas, entendidas e as menos apreciadas, pelo fato de não poderem ser vistas e, ainda, pelas dificuldades para o seu estudo. São elas, contudo, que além de servirem como suporte das plantas, atuam como a principal “boca”, absorvendo e translocando água e nutrientes, e também sintetizando carboidratos, por isto, devem receber especial atenção por parte dos pesquisadores. Portanto, estudos posteriores a respeito de déficit hídrico podem ser conduzidos no sentido de averiguar o que esta acontecendo com sistema radicular da planta em stress hídrico.

8 CONCLUSÕES

Experimento I – campo: os componentes de produção foram muito afetados quando ocorreu supressão da irrigação na fase vegetativa e/ou na floração, reduzindo a produtividade em mais de 20% e, com isso, comprovando a hipótese. Esta redução de 20% não foi observada na supressão de irrigação apenas na maturação, sendo que neste caso as irrigações poderiam ser retiradas.

Experimento II – casa de vegetação: todas as variáveis foram afetadas pelos tratamentos com supressão de irrigação em uma ou mais fases, comprovando a hipótese, pois todos os tratamentos reduziram sua produtividade em, pelo menos, 20%.

9 REFERÊNCIAS

- AIDAR, H. et al. Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais: época de plantio. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA, 2002. (Circular Técnica, 55). Disponível em: <[http://www.cnpaf.embrapa.br CNPAF, /publicação/circular técnica/ct_55\)index.htm](http://www.cnpaf.embrapa.br/CNPaf/publicação/circular_técnica/ct_55/index.htm)>. Acesso em: 01 jul. 2011.
- AMORIM NETO, M. S.; MAGALHÃES, P. C.; GOMIDE, R. L. Aspectos fenológicos da cultura do feijoeiro submetidos a diferentes tensões de umidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1995. p. 134-136.
- ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; CRUZ, M. G. M. Resposta da cultivar BR-1 de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), submetido a diferentes deficiências hídricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Resumos...** Pelotas: SBEA, 1999. 1 CD ROM.
- BABALOLA, O. Water relations of three cowpea cultivars [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 56, p. 59-69, 1980.
- BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en seleccion de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequia. I. Bases fisiologicas. **Turrialba**, São José, v. 35, p. 43-47, 1985a.

BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en seleccion de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequia. II. Crecimiento y productividad. **Turrialba**, São José, v. 35, p. 49-53, 1985b.

BEZERRA, A. M. E. **Produtividade e qualidade das sementes de feijão de corda em diferentes colheitas**. 1992. 103 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1992.

BEZERRA, F. M. L. et al. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2003.

BIZARI, D. R. et al. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas de plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2073-2079, 2009.

BRITO, J. A. P. de. **Respostas de caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.) a diferentes períodos de deficiência hídrica**. 1993. 125 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1993.

CALVACHE, A. M. et al. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência no uso de água em uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 54, n. 3, p. 481-488, 1997.

CARVALHO, J. A. et al. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 3, p. 710-717, 2000.

CLAASSEN, M. M.; SHAW, R. H. Water deficit effects on corn. II Grain components. **Agronomy Journal**, Madison, n. 62, p. 652-655, 1970.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Levantamentos de Safra. 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 01 jul. 2011.

COSTA, M. M. M. N. et al. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 43-50, 1997.

DENMEAD, O. T.; SHAW, R. H. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, p. 272-274, 1960.

EMAM, Y. **Effects of N levels and moisture regimes on agronomic characteristics of four cultivars of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1985. 41 f. Master Thesis, Shiraz University, Iran, 1985.

EMAM, Y.; SEGHATOLESLAMI, M. J. **Crop yield: physiology and processes**. Shiraz: Shiraz University Inc., 2005. 593 p.

- ENGLISH, M.; RAJA, S. N. Perspectives on deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 1-14, 1996.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Common bean and cowpea. In: _____. (Ed.). **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 280-318.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In: _____. (Coord.) **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 100-120.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 266 p.
- FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de fríjol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. (Ed.). **Frijol: investigación y producción**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1985. p. 61-78.
- FERNÁNDEZ, C. J.; McINNIS, K. J.; COTHREN, J. T. Water status and leaf area production in water - and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 1224-1233, 1996.
- FERREIRA, L. G. R.; COSTA, J. O.; ALBUQUERQUE, I. M. de. Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de duas cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 7, p. 1049-55, 1991.
- FIEGENBAUM, V. et al. Influência do déficit hídrico sobre os componentes do rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 275-80, 1991.
- FOLEGATTI, M. V. et al. Efeito de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO CHILENO DE ENGENIERIA AGRÍCOLA, 2., 1997, Chillán. **Anais...** Chillán, 1997. 1 disquete, 3 ½ pol.
- GERIK, T. J. et al. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water uses, and yield. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 914-921, 1996.
- GUIMARÃES, C. M. Efeitos fisiológicos do estresse hídrico. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 157-174.
- GUIMARÃES, C. M. Relações hídricas. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786 p.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 481-488, 1996.

HILER, E. A. et al. Sensitivity of southern peas to plant water deficit at three growth stages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 60-64, 1972.

KARAMANOS, A. J.; ELSTON, J.; WADSWORTH, R. M. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba*, L.) in the field: water potentials and laminar expansion. **Annals of Botany**, Oxford, v. 49, n. 6, p. 815-826, 1982.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 4. ed. São Paulo: EPU, 1986. 339 p.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 331-335, 1996.

LEITE, M. L. et al. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cv. EMAPA-821. II - Análise de crescimento. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 3, p. 351-370, 1999.

MAGALHÃES, A. A.; MILLAR, A. A.; CHOUDHURY, E. N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. **Turrialba**, San José, v. 29, n. 4, p. 269-373, 1979.

MAÑAS, F. M. S. O.; VALERO, J. A. J. **Agronomía del riego**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 732 p.

McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 353-360, 1989.

MILLER, D. E.; BURKE, D. W. Response of dry beans to daily deficit sprinkler irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 775-778, 1983.

MIRANDA, N. O.; BELMAR, N. C. Déficit hídrico y frecuencia de riego en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultura Técnica**, Santiago de Chile, v. 37, n. 3, p. 111-117, 1977.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; SOBRINHO, J. T. Efeição da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção do feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 174-177, abril-junho 2004.

NÓBREGA, J. Q. et al. Análise do feijão submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 437-443, 2001.

OLIVEIRA, D. Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão em seis locais do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/UFV, 1991. p. 236-237.

OLIVEIRA, M. S. de **Efeito do déficit hídrico aplicado em diferentes fases do ciclo fenológico do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). cv. Eriparsa**. 1987. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p. 71-100.

PÁEZ, A.; GONZÁLEZ, M. E.; YRAUSQUÍN, O. X. Water stress and clipping management effects on guinea grass: I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 698-706, 1995.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 101-137.

PORTES, T. A. **Manual de métodos de pesquisa em feijão: parâmetros fisiológicos e agrônômicos empregados na pesquisa com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Goiânia: EMBRAPA; CNPAF, 1981. 22 p. Suplemento I.

RESENDE, M.; HENDERSON, D. W.; FERERES, E. Frequência de irrigação e produção de feijão Kidney. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 3, p. 363-370, 1981.

RITCHIE, J. T. Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 58, p. 81-96, 1981.

ROBINS, J. S. DOMINGO, C. E. Moisture deficit in relation to the growth and development of dry beans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 48, p. 67-70, 1956.

SCHUSSLER, J. R.; WESTGATE, M. E. Maize kernel set at low water potential. I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 1189-1195, 1991a.

SCHUSSLER, J. R.; WESTGATE, M. E. Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 1196-1203, 1991b.

SHOUSE, P. et al. Water deficit effects on water potential, yield, and water use cowpeas. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 333-336, 1981.

SILVA, H. T. da **Caracterização morfológica, agrônômica e fenológica de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) comumente plantados em diversas regiões do Brasil**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF 1981, 51p. (EMBRAPA CNPAF. Circular Técnica, 15).

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 74-82, 2004.

- SINGH, S. P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 35, p. 118-124, 1995.
- SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 118, p. 977-980, 1992.
- SOUZA, M. A.; LIMA, M. D. B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. carioca comum. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 550-557, 2010.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, S. C. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. I. Produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 161-167, 1988.
- STOKER, R. Effect on dwarf beans of water stress at different phases of growth. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Singapore, v. 2, p. 13-15, 1974.
- SZILAGYI, L. Influence of drought on seed yield components in common bean. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Sofia, Special Issue, p. 320-330, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: Benjamin Cummings, 1991. 565 p.
- TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 22, n. 1/2, p. 47-60, 1991.
- TURK, K. J.; HALL, A. E. Drought adaptation of cowpea. III. Influence of drought on plant growth and relations with seed yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 428-433, 1980.
- WESTGATE, M. E.; BOYER, J. S. Carboidrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 762-769, 1985.
- ZLATEV, Z.; STOYANOV, Z. Effects of water stress on leaf water relations of young bean plants. **Journal Central European Agriculture**, Zagreb, v. 6, p. 5-14, 2005.