

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

**CRITÉRIOS DE MANEJO NA IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO EM TRÊS
TEXTURAS DE SOLO**

RAMILOS RODRIGUES DE BRITO

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

BOTUCATU – SP
Fevereiro – 2014

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

**CRITÉRIOS DE MANEJO NA IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO EM TRÊS
TEXTURAS DE SOLO**

RAMILOS RODRIGUES DE BRITO

Orientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho

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

BOTUCATU – SP
Fevereiro – 2014

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

Brito, Ramilos Rodrigues de, 1989-
B862c Critérios de manejo na irrigação do feijoeiro em três texturas de solo / Ramilos Rodrigues de Brito. - Botucatu : [s.n.], 2014
xiv, 53 f. : tabs., ils. color., grafos., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Hélio Grassi Filho
Inclui bibliografia

1. Feijão comum - Irrigação. 2. Manejo da irrigação. 3. Solos. I. Grassi Filho, Hélio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “CRITÉRIOS DE MANEJO NA IRRIGAÇÃO DO FEJJOEIRO EM TRÊS
TEXTURAS DE SOLO”**

AUTOR: RAMILOS RODRIGUES DE BRITO

ORIENTADOR: PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA



PROF. DR. RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

:

Data de realização: 24 de fevereiro de 2014

“Aquele que não luta para ter o futuro que quer, deve aceitar o futuro que vier.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a sabedoria, o discernimento e a compreensão para os pequenos e grandes adventos da vida.

A toda minha família, em especial aos meus pais Solimar Leal e Maria de Fátima, aos meus irmãos Rômulo Brito e Severino Brito, e a Emanuely Araújo e Conceição Nunes pelo amor, apoio, incentivo, por não medirem esforços em ajudar a alcançar os meus objetivos e serem simplesmente essenciais e insubstituíveis na minha vida.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/FCA), pela oportunidade e suporte para a realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

À coordenação do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pela dedicação e qualidade de ensino.

Ao Orientador Hélio Grassi Filho, pelo exemplo de postura profissional, pela orientação serena e objetiva, pela paciência e confiança e pelo exemplo de ser humano.

Aos Professores Antônio de Pádua, João Saad, Evaldo Klar pela confiança, amizade, incentivo, pontualidade e dedicação nas aulas.

Aos examinadores, pela atenção e empenho na correção do trabalho.

À Embrapa Arroz e feijão por disponibilizar as sementes do BRS Ametista e ao Pesquisador Valdenir Queiroz Ribeiro (EMBRAPA/CPAMN) pelo auxílio estatístico.

Aos funcionários da Biblioteca “Professor Paulo de Carvalho Mattos” e Seção Técnica de Pós-Graduação pelo amparo em um ambiente distinguido pelo profissionalismo e competência e ao mesmo tempo, repleto de calor humano, que só pode ser explicado pela presença de pessoas que gostam do que fazem.

Aos funcionários Pedrinho, José Carlos de Pieri, Gilberto Winkler, Dejair Martiniano e Adão pela amizade e apoio.

E por fim, mas não menos importante, aos amigos e colegas do curso Edilson Ramos, Raimundo Nonato, João Queluz, Márcio Lanza, Hugo Sales, Adjalma França, Dario Pineda, Franciana Pereira, Ana Guirra, Rose Pereira, Natália Soares, Clescy Oliveira, Alexandra Ferreira, Dayane Bressan e Milena Lozano pela convivência, incentivo e experiência compartilhada.

Sumário

	Página
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XIII
RESUMO	1
SUMMARY	2
1 INTRODUÇÃO	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. A cultura do feijoeiro	5
2.2. Irrigação	7
2.3. Consumo da água na cultura do feijoeiro	8
2.4. Tensiometria	10
2.5. Textura dos solos	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Caracterização da área experimental	13
3.2. Caracterização do delineamento experimental	16
3.3. Semeadura e adubação da cultura	19
3.4. Manejo de irrigação	20
3.5. Atributos avaliados	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Solo de Textura Arenosa.....	24
4.2. Solo de Textura Argilosa	31
4.3. Solo de Textura Média.....	38
5 CONCLUSÃO	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Departamento de Solos e Recursos Ambientais – UNESP/FCA.	13
Figura 2 - Curvas características de água no solo referentes as texturas argilosa, média e arenosa, realizada no Laboratório de Relação Solo-Água do Departamento de Engenharia Rural, UNESP/FCA. Botucatu – SP.	15
Figura 3 - Valores de Umidade relativa do ar máxima (UR Máxima, %), Umidade relativa do ar média (UR Média, %), Umidade relativa do ar mínima (UR Mínima, %) e Temperatura Máxima (T. Máxima, °C), Temperatura Média (T. Média, °C), Temperatura Mínima (T. Mínima, °C) registrados na casa de vegetação do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – UNESP/FCA.	15
Figura 4 - Disposição dos tratamentos (L e T) e repetições (R) para os ensaios de textura argilosa (A), arenosa (B) e textura média (C).	18
Figura 5 - Semeadura da cultivar BRS Ametista nos ensaios de textura arenosa, média e argilosa na casa de vegetação do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - UNESP/FCA.	19
Figura 6 - Aferição do teor de umidade do solo com o auxílio de um tensímetro digital nos solos de textura arenosa, média e argilosa na casa de vegetação do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - UNESP/FCA.	20
Figura 7 - Avaliação dos componentes de produção após a colheita referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹).	22
Figura 8 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013.	28
Figura 9 - Agrupamento dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013.	30
Figura 10 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV),	

peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013 35

Figura 11 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013 37

Figura 12 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013..... 42

Figura 13 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013..... 44

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo determinados pelo Laboratório de Fertilidade e Laboratório de Física do Solo no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP – FCA. Botucatu – SP.....	14
Tabela 2 - Quadro da análise de variância.....	17
Tabela 3 - Lâminas totais aplicadas nos solos de texturas arenosa, média e argilosa de acordo com os métodos de Depleção e Tensão. Botucatu, São Paulo. 2013.....	21
Tabela 4 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013	24
Tabela 5 - Comparação de médias (agrupamentos) dos dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grão por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013.....	25
Tabela 6 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013	27
Tabela 7 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013.	28
Tabela 8 - Comparação dos contrastes entre métodos (Depleção v.s. Tensão) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013	31
Tabela 9 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013	32
Tabela 10 - Comparação de médias (agrupamentos) dos dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta ⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013	33

Tabela 11 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013 34

Tabela 12 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013 36

Tabela 13 - Comparação dos contrastes entre métodos (Depleção v.s. Tensão) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013 38

Tabela 14 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013 39

Tabela 15 - Comparação de médias (agrupamentos) dos dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013 40

Tabela 16 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013 41

Tabela 17 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013 43

Tabela 18 - Comparação dos contrastes entre métodos (Depleção v.s. Tensão) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013 45

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AD	Água disponível, %
C.V	Coefficiente de variação, %
CAD	Capacidade de água disponível, %
CC	Capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
COMPV	Comprimento de vagem, cm
CTC	Capacidade de troca de cátions
CuCl_2	Cloreto de Cobre
$D\%$	Nível de depleção, %
DAS	Dias após semeadura
F.V.	Fonte de variação
Fe-EDTA.	Ácido Etilenodiamino tetra-acético ferroso
G.L.	Graus de liberdade
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Ácido Molibídico hidratado
H_3BO_3	Ácido Bórico
IAF	Índice de área foliar
KCl	Cloreto de Potássio
M.O.	Matéria orgânica, mg dm^{-3}
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Cloreto Manganoso tetrahidratado
n.s.	Não significativo
NGV	Número de grãos por vagem
NVP	Número de vagem por planta
P100G	Peso de 100 grãos, g
PG	Produtividade, g planta^{-1}
PGV	Peso de grão por vagem, g
PMP	Ponto de murcha permanente, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
PVC	Policloreto de vinila
PVP	Peso de vagem por planta, g
r	Raio, cm
S.B	Soma de bases, $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$
T	Temperatura média do ar, °C
UR	Umidade relativa do ar, %

V%	Saturação por bases, %
Z	Profundidade efetiva do sistema radicular, mm
ZnCl ₂	Cloreto de Zinco
θ_{CC}	Umidade volumétrica do solo na capacidade de campo, cm ³ cm ⁻³
θ_{PMP}	Umidade volumétrica do solo no ponto de murcha permanente, em cm ³ cm ⁻³

CRITÉRIOS DE MANEJO NA IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO EM TRÊS TEXTURAS DE SOLO. Botucatu, 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: RAMILOS RODRIGUES DE BRITO

Orientador: DR. HÉLIO GRASSI FILHO

RESUMO

Dentre aspectos mais importantes para o sucesso da agricultura irrigada destaca-se o manejo da água aplicada. No mercado existe uma diversidade de metodologias e instrumentos para tal fim, entretanto, o monitoramento do nível de água no solo utilizando o tensiômetro tem se mostrado eficaz. Nesse trabalho foram avaliados dois métodos de manejo da irrigação conhecidamente de baixo custo, um baseado na tensão da água no solo e o outro com base da depleção da água disponível, com o objetivo de verificar qual deles promove maior produtividade de grãos para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em três diferentes texturas de solo. O experimento foi dividido em três ensaios, cada um correspondendo a uma textura de solo (arenosa, média e argilosa). Os tratamentos foram compostos por cinco níveis de tensão (– 30, – 40, – 50, – 60 e – 70 kPa) e cinco níveis de depleção (30, 40, 50, 60 e 70% da AD), com quatro repetições delineados em blocos casualizados. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no Departamento de Solos e Recursos Ambientais (UNESP/FCA), Botucatu - SP. Avaliou-se os parâmetros: Número de vagens por planta (NVP); Produção de vagens por planta (PVP, g); Comprimento da vagem (COMPV, cm); Número de grãos por vagem (NGV); Peso de grãos por vagem (PGV, g); Peso de 100 grãos (P100G, g) e Produção de grãos (PG, g planta⁻¹). Para o solo de textura arenosa não foram encontradas diferenças significativas entre os métodos de irrigação, entretanto, as maiores produtividades de grãos de feijão deram-se para a tensão de – 30 kPa, resultando em 12,10 g planta⁻¹ e 11,04 g planta⁻¹ para 40% da AD. No solo argiloso os melhores resultados foram obtidos com a utilização do método da depleção, pois a produtividade de grãos atingiu 15,36 g planta⁻¹ em 30% da AD, diferindo do solo de textura média onde o oposto foi verificado utilizando o método da tensão, obtendo a produtividade de grãos 12,11 g planta⁻¹ para a tensão de – 30 kPa.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., tensão, depleção, componentes de produção.

CRITERIA FOR IRRIGATION MANAGEMENT IN BEAN IN THREE SOIL TEXTURES. Botucatu, 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RAMILOS RODRIGUES DE BRITO

Adviser: DR. HÉLIO GRASSI FILHO

SUMMARY

One of the most important contributors to the success of irrigated agriculture is an efficient management of the water applied by irrigation. Despite indirectly evaluating the water deficit of a produce, soil water tension control has proven to be effective. This study tested which of the irrigation management criteria, tension or depletion-based, yields a greater productivity from crops of the common bean *Phaseolus vulgaris*. The experiment was conducted in three different soil textures and for that, three tests were needed, one for each texture (sandy, medium and clay). Treatments comprised of five tensions (– 30, – 40, – 50, – 60 and – 70 kPa) and five levels of depletion (30, 40, 50, 60 and 70% of AD), with four replications designed in randomized blocks. The experiment took place in a protected environment in the Natural Resources / Soil Sciences Department (22°30' S; 48°15' W and 830 meters) within the Lageado Experimental Farm, property of Faculdade de Ciências Agrônômicas of UNESP – Campus of Botucatu, São Paulo State. The following variables were analyzed: number of pods per plant (NVP); Pod production per plant (PVP, g); Pod length (COMPV, cm); Number of grains per pod (NGV); Grain weight per pod (PGV, g); weight of 100 grains (P100G, g) and grain production (PG, g plant⁻¹). The irrigation management using the tension criterion showed the highest production rate in the sandy soil with a tension of – 30 kPa, resulting in 12.10 g plant⁻¹; the clay soil reached a productivity rate of 13.8 g plant⁻¹ corresponding to a – 30 kPa tension. The medium-textured soil resulted in 12.11 g plant⁻¹ for a tension of – 30 kPa. In regard to water depletion in the soil, the highest bean productivity rate for clay soil was 15.36 g plant⁻¹ to 30% of AD. The highest rate in sandy soil was 11.04 g plant⁻¹ to 40% AD and finally, the medium-textured soil had a 30% depletion that produced the highest productivity rate, 9.16 g plant⁻¹.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., tension, depletion, yield components.

1 INTRODUÇÃO

É inquestionável a importância do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na alimentação do brasileiro, pois além de conter uma boa quantidade de carboidratos e ser rico em ferro, é uma ótima fonte de proteínas. A produção nacional de feijão é instável devido aos baixos níveis tecnológicos dos pequenos agricultores, dado seu caráter de subsistência; e às adversidades climáticas, sendo o excesso e o *déficit* hídrico os fatores que mais reduzem o potencial produtivo das lavouras.

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas. Típico produto da alimentação brasileira é cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões, sendo que o estado do Paraná, que colheu 298 mil toneladas na safra 2009/2010, e Minas Gerais com a produção de 214 mil toneladas no mesmo período são os maiores estados produtores (MAPA, 2013).

Singh (1995) relatou que, na América Latina, em cerca de 93% da área de cultivo de feijoeiro a necessidade hídrica da planta durante o seu ciclo não é satisfeita. Portanto, é conveniente que as cultivares melhoradas para as condições de sequeiro apresentem adaptação ao *déficit* hídrico.

O feijoeiro é classificado como planta sensível à deficiência hídrica e ao excesso de água no solo (SILVEIRA; STONE, 2004). O fator água na produção da cultura influencia as variáveis biofísicas (índice de área foliar, altura da planta, produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem), encontrando-se valores maiores nas plantas que receberam maiores quantidades de água (MONTEIRO et al., 2010).

Um dos aspectos mais importantes para o sucesso da agricultura irrigada é o manejo da água aplicada pela irrigação. Apesar de avaliar de forma indireta a deficiência hídrica de uma cultura, o controle da tensão de água no solo tem se mostrado eficaz (FIGUERÊDO et al., 2008). Apesar de possuir um limite de operação (80 kPa), o tensiômetro tem sido recomendado para esse propósito, como ferramenta simples e prática para indicar o momento de irrigar, com base no potencial matricial ou com base na depleção de água no solo.

O solo funciona como um reservatório de água para fornecer às plantas à medida de suas necessidades. Ele é constituído de partículas de diferentes frações granulométricas ou texturas. Solos de textura arenosa são leves, bem drenados e com menor capacidade de retenção de água; os de textura argilosa são mais pesados e pode armazenar mais água que os arenosos; já os de textura média ou siltosos influenciam na taxa de infiltração e na emergência de plântulas.

Para a cultura do feijão recomenda-se proceder à irrigação quando a tensão da água no solo atingir 35 kPa (SILVEIRA; STONE, 1994). Outros trabalhos mostram que a tensão considerada como ideal para a cultura do feijoeiro é de aproximadamente 39 kPa (FREITAS et al. 2012) ou 37 kPa (FIGUEIREDO et al. 2008). Para a depleção, o valor recomendado é de 0,45, ou seja, irrigar quando tiver sido consumido 45% do intervalo superior de água disponível (ALLEN et al. 1998). A questão prática é que estes dois critérios não resultam no mesmo teor de água para as diferentes texturas do solo.

Sabendo-se da diferença entres os solos, tensões e depleções, tem-se como objetivo verificar qual dos critérios de manejo da irrigação, aquele com base na tensão ou na depleção, resulta em maior produtividade para a cultura do feijoeiro em três texturas de solo distintas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do feijoeiro

O gênero *Phaseolus* originou-se das Américas e possui cerca de 55 espécies, das quais cinco são cultivadas: *P. vulgaris* L.; *P. lunatus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. Freeman e *P. polyanthus* Greenman (DEBOUCK, 1993 apud SANTOS; GAVILANE, 2008). Dentre estas, o *Phaseolus vulgaris* é a espécie mais cultivada e a mais utilizada nos cinco continentes.

Dentre os maiores produtores mundiais se destacam a Índia com 19,23% da produção, seguido por Myanmar (16,01%), Brasil (14,78%), China (6,81%) e EUA (3,87%) (FAOSTAT, 2011). Na estimativa 2012/2013, a produção brasileira chegou a 3.283 mil toneladas, com produtividade média de 1.030 kg ha⁻¹, destacando-se a região Sul com 25,3% da produção, Sudeste com 24,1%, Nordeste com 19,1%, Centro-Oeste 16% e Norte 3,4%. Dentro dos estados produtores destaca-se o estado do Paraná com produção acima de 19% e Minas Gerais com 17% (CONAB 2012).

O feijoeiro no Brasil é plantado em três safras anuais, sendo a primeira denominada de “feijão das águas”, cultivado principalmente nas regiões Sul e Sudeste; a segunda denominada “safrinha” ou “feijão da seca” é cultivada nas regiões Sul, Sudeste e Centro–Oeste; e terceira safra, também conhecida como de “terceira época” ou “de inverno”, cultivada sob irrigação por aspersão, principalmente nas regiões Centro–Oeste e Sudeste do país. Alguns Estados da Região Nordeste por possuírem regime pluviométrico diferenciado, iniciam o cultivo do feijoeiro comum em maio, quando começa o período chuvoso (SILVA et al., 2004).

A planta de feijão é formada por uma haste principal, da qual se distribuem os ramos laterais que emergem das axilas foliares. A disposição dos ramos primários e secundários está sujeito à morfologia da planta e hábito de crescimento. Na haste principal e nos ramos estão os nós, dos quais emanam folhas trifoliadas, ramos e estruturas florais. Os frutos denominados legumes ou vagens comportam normalmente de quatro a sete sementes (PORTES, 1996).

As plantas de feijoeiro comum são de dois hábitos: determinado, em que o caule termina por uma inflorescência; e indeterminado, em que na extremidade do caule existe gema vegetativa ou floral e vegetativa (COSTA, 2009).

Segundo Aidar et al. (2006) as cultivares de feijão podem ser agrupadas nos tipos I, II, III e IV, tomando-se por base as características dos hábitos de crescimento determinado e indeterminado e outras, tais como, número de nós e comprimento da haste principal, número e comprimento dos ramos laterais, capacidade de se apoiar ou não em tutores, e tendência ou não de se prostrarem, que influenciam no espaçamento e densidade de semeadura utilizada.

As cultivares do tipo I são de crescimento determinado e com o ciclo variando de 60 a 80 dias; as cultivares do tipo II agrupa cultivares arbustivas e crescimento indeterminado, com o ciclo situando-se na faixa de 80 a 90 dias; as cultivares do tipo III também são arbustivas de crescimento indeterminado, mas com tendência a prostrar; as de tipo IV são de crescimento indeterminado, prostradas, com poucos ramos laterais e ciclo entre 100 e 110 dias (ADIAR et al. 2002).

Ao longo do ciclo biológico do feijão, ocorrem alterações morfológicas bem caracterizadas visualmente, denominadas estádios de desenvolvimento. Estes estão segmentados em fases vegetativa e reprodutiva.

A fase vegetativa distribui-se em: Germinação (V0), uma vez feita a sementeira e fornecidas as condições adequadas, as sementes iniciam o processo de germinação; Emergência (V1), esta inicia-se quando aproximadamente 50% das sementes semeadas apresentam os seus cotilédones ao nível do solo; Folhas primárias (V2), inicia-se quando as folhas primárias se encontram totalmente abertas, Primeira folha trifoliolada (V3), quando a planta apresenta a primeira folha trifoliolada completamente aberta, com os três folíolos em um mesmo plano; e Terceira folha trifoliolada (V4), com a abertura da terceira folha trifoliolada, que se encontra em nível inferior em relação a primeira e segunda folhas (PORTES et al., 2009).

A fase reprodutiva distribui-se em: Prefloração (R5), nas plantas de crescimento determinado com o aparecimento do primeiro botão floral na gema apical e, nas de crescimento indeterminado, com o aparecimento do primeiro racimo floral nas gemas axilares; Floração (R6), com a abertura da primeira flor; Formação de vagens (R7), quando a primeira vagem da primeira flor tem um comprimento de aproximadamente 2,5 cm; Enchimento das vagens (R8), ocorre após o alongamento máximo das vagens; e Maturação fisiológica (R9), caracteriza-se pelo descoloramento das vagens, que se encontram secas. Fisiologicamente ocorre quando a semente encontra-se totalmente formada (PORTES et al., 2009).

Em cultivos comerciais, o início dessas etapas ocorre quando 50% das plantas se encontram nas condições descritas para tal etapa.

2.2. Irrigação

A água constitui um dos mais importantes elementos para os processos vitais. Para os vegetais, uma singular importância é atribuída à água, pois o protoplasma das plantas chega a alcançar 95% ou mais de seu peso total, onde participa de processos metabólicos como a fotossíntese e a fosforilação oxidativa, por exemplo. Sendo a água considerada um solvente universal, possibilita a maioria das reações químicas a nível celular e nas plantas ainda assumem a primordial missão de desencadear o crescimento e o desenvolvimento vegetal (REICHARDT; TIMM, 2004).

Já sob condições de deficiência hídrica, as plantas são induzidas a utilizar o mecanismo de fechamento dos estômatos no intuito de restringir a perda de água reduzindo a transpiração. Com isso, a absorção de CO₂ é pronunciadamente sacrificada,

acarretando como consequência reduções nas taxas fotossintéticas, uma vez que para as plantas se torna mais oportuno restringir à entrada de CO₂ em detrimento da perda de água. Dentre as reações mais relevantes das plantas ao déficit hídrico temos ainda a redução da produção de área foliar, a antecipação da senescência e abscisão das folhas. Assim, os processos fisiológicos são desencadeados de tal forma que permita a manutenção da água no solo, de forma a economizar para períodos futuros (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Com a finalidade de assegurar um abastecimento hídrico adequado para as plantas, em várias regiões, a técnica da irrigação passou a ser uma valiosa componente para tornar viável a agricultura e de uma maneira peculiar nas regiões áridas e semiáridas. Nestas regiões, constata-se que as precipitações naturais não são distribuídas em quantidades suficientes para assegurar um teor de água no solo apropriada durante todo o ciclo da cultura (MORAIS et al., 2008).

Quando se utiliza a técnica da irrigação para suprir as demandas ou necessidades hídricas das plantas, mesmo que falte chuva, o risco de quebra de safra é minimizado, com maior garantia de produção. A redução dos riscos de quebra de safras é um fator atrativo importante para investimentos, tanto em áreas já ocupadas por unidades produtivas, como em áreas agrícolas com baixa taxa de ocupação de terras. Desta forma, a irrigação pode ser vista como um elemento ampliador da disponibilidade de produtos e facilitador de capitalização na agropecuária (TESTEZLAF; MATSURA; CARDOSO, 2002).

Silva et al. (2007) destacam ainda, que a irrigação é uma prática que além de incrementar a produtividade, pode proporcionar a obtenção de um produto de melhor qualidade e com perspectiva de bons preços no mercado. Porém, a perspectiva promissora da adoção da irrigação deve ser estudada e analisada de forma detalhada no que se refere ao planejamento, dimensionamento, manejo e desenvolvimento da cultura.

2.3. Consumo da água na cultura do feijoeiro

O consumo da água pelas culturas depende, especialmente, das condições atmosféricas, fisiológicas, genéticas, do solo, do estado nutricional das plantas e do estágio de desenvolvimento no qual ela se encontra.

Todas as plantas exigem quantidades relativamente elevadas de água para a produção de matéria seca; a cultura do feijão, por exemplo, requer cerca de

1.750 kg de água para a produção de 1 kg de matéria seca e grãos (DOORENBOS; KASSAN, 1979 apud CALVACHE et al., 1997).

Devido ao curto período de seu ciclo, pequenos períodos de seca podem afetar severamente o crescimento do feijoeiro. De acordo com esse ciclo, que é de 60 a 120 dias, a cultura requer de 300 a 500 mm de água, dependendo do clima. Quando estas necessidades não são satisfeitas, o rendimento se reduz a um valor dependente da etapa fenológica em que o déficit de água acontece (CALVACHE et al., 1997).

Frizzone (1986) verificou um aumento de 23,4% no rendimento de grãos na cultura do feijoeiro, quando a lâmina de água aplicada elevou de 350 mm para 530 mm, resultados similares foram deparados por Loureiro et al. (1990) e Pazzetti et al. (1993), que constataram o aumento da produtividade de grãos com o aumento da lâmina aplicada.

O ideal é o fornecimento de água mantendo uma distribuição uniforme durante o ciclo da cultura, com uma lâmina de água em torno de 100 a 150 mm mensais até o período de maturação (ROSTON; BULISANI, 1988).

O feijoeiro é relativamente sensível ao excesso de água, o qual prejudica o seu desenvolvimento vegetativo e produtivo. Assim, é imprescindível que as áreas irrigadas tenham um bom sistema de drenagem superficial e subsuperficial para proporcionar adequado arejamento do solo.

Dias e Bruggemann (2010) pesquisando o efeito do estresse hídrico na fotossíntese do feijão-comum verificaram que o fechamento estomático aconteceu durante severo déficit hídrico e Carvalho et al. (1998) verificaram redução da produtividade com a redução da lâmina de irrigação aplicada. Deve-se levar em consideração também que, independentemente da magnitude do estresse hídrico, cultivares de feijoeiro respondem diferentemente ao déficit de água no solo durante o período de floração. (SILVEIRA; STONE, 2011). Assim, Silveira et al. (1981) em um estudo de avaliação de cultivares para resistência à seca, verificaram que a produção de grãos diminuiu à medida que o número de dias de estresse aumentou.

Mesmo dentro de linhagens, a resposta fisiomorfológica e produtiva do feijoeiro pode ser diferente ao déficit hídrico, como constataram Jara et al. (1988) ao analisarem o rendimento e seus componentes, o índice de área foliar, a relação área/massa foliar e a evapotranspiração em feijões pretos submetidos à quatro regimes

hídricos. Os tratamentos de irrigação afetaram significativamente os rendimentos e seus componentes.

Quando a deficiência hídrica surge no estágio vegetativo, o efeito causado sobre o crescimento é pequeno, diferentemente de quando ocorre no estágio de pré-floração e enchimento de vagens, sendo limitante (DOORENBOS; PRUITT, 1976; ACOSTA-GALLEGOS; SHIBATA, 1989; ACOSTA-GALLEGOS; ADAMS, 1991; CALVACHE; REICHARDT, 1996; CHIEPPE, 1998). E Miorini (2012) verificou uma redução de 20% na produtividade da cultura quando da irrigação ocorreu no estágio de florescimento.

2.4. Tensiometria

Na estimativa da exigência hídrica pelas plantas, podem ser adotadas três metodologias distintas ou a integração delas; quer seja pela demanda atmosférica, pelo monitoramento do teor de água no solo e por meio de medidas diretas do fluxo de água na planta (BARRETO et al. 2004).

O acompanhamento do nível de água no solo, na zona de maior atividade das raízes, tem sido recomendado como uma das formas pertinentes para verificação da efetividade das irrigações. Esse acompanhamento pode ser realizado, indiretamente, por meio de medidas da tensão em que a água se encontra retida no solo. Com essas medidas, tanto superficiais quanto em profundidade, é possível identificar se o solo está suficientemente seco para o reinício das irrigações ou suficientemente úmido para interromper sua aplicação. Essas medidas podem ser conseguidas, facilmente, utilizando o tensiômetro (AZEVEDO; SILVA, 1999).

O tensiômetro é constituído por um tubo de plástico ou policloreto de polivinila (PVC) de comprimento variável, com uma cápsula de porcelana porosa em sua extremidade inferior. É fechado hermeticamente na extremidade superior, onde se encontra um vacuômetro metálico tipo Bourdon ou um tensímetro digital, como elemento indicador do vácuo existente dentro do corpo do aparelho, quando em operação. Os manômetros fornecem os valores de tensão em cm Hg, mm Hg, bar e kPa sendo que esta tensão será a mesma com que as raízes das plantas encontraram a água no solo. A tensão fornece o momento de irrigar, sendo necessário determinar a curva característica de água para o solo, e a profundidade que apresenta maior concentração do sistema radicular.

O tensiômetro mede diretamente a tensão de água, e indiretamente a porcentagem de água no solo, valores baixos indicam solo úmido e valores altos indicam solo seco. Segundo Silveira e Stone (2004) este tem capacidade para leituras de tensão até 0,80 bar (80 kPa). Ele deve ser instalado na lavoura de feijão após emergência das plantas e depois de três a quatro irrigações, momento em que o solo encontra-se com teor de água suficiente para o seu funcionamento.

É instalado com o auxílio de um trado do mesmo diâmetro do tubo de plástico que o constitui, fazendo-se um buraco até a profundidade desejada, e em seguida, introduz-se o tensiômetro de forma que haja bom contato entre a cápsula e o solo. Ele deve ser instalado entre as fileiras das plantas de feijão e em duas profundidades, a 15 cm e a 30 cm, lado a lado. Para este conjunto dá-se o nome de bateria, sendo que a leitura do tensiômetro a 15 cm indica a tensão média da camada superficial de solo de 0 a 30 cm, a qual engloba a quase totalidade das raízes do feijoeiro, sendo este chamado de tensiômetro de decisão e indica o momento de irrigar (SAAD; LIBARDI, 1992; SILVEIRA; STONE, 2004). Já o tensiômetro instalado a 30 cm é denominado de tensiômetro de controle, pois indica se as irrigações estão sendo bem feitas, ou seja, se está havendo excesso ou falta de água no solo.

Para o feijão, uma leitura de 10 kPa indica um solo muito úmido para a cultura. Leituras entre 10 a 30 – 40 kPa representam condições ideais de água e arejamento do solo. À medida que as leituras ultrapassam 40 kPa, a água começa a tornar-se limitante para a cultura, principalmente em regiões de alta demanda atmosférica (SILVEIRA; STONE, 2001).

Millar e Gardner (1972) encontraram uma redução de 47% na produção de matéria seca do feijoeiro quando o potencial de água no solo passou de -28 kPa para -40 kPa, indicando, além disso, que o fechamento dos estômatos devido ao estresse de água reduz a taxa de crescimento mais que a transpiração.

2.5. Textura dos solos

O solo, reservatório de água às plantas, é afetado pelo seu manejo e pelas práticas culturais, com conseqüente alteração da dinâmica e retenção de água nos poros. Os fatores que influenciam a disponibilidade de água às culturas são: a estrutura do

solo, por determinar o arranjo das partículas; a textura, o tipo e quantidade de argila e o teor de matéria orgânica (KLEIN; LIBARDI, 2000).

A textura é uma característica do solo que representa as proporções relativas das frações areia, silte e argila do solo, a qual não pode ser alterada, pois é inerente ao solo e determina, em grande parte, o valor econômico da área (KLEIN, 2008).

Solos de Textura Argilosa (solos pesados), são solos com teores de argila superiores a 35%. Possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior força de coesão entre as partículas, o que além de dificultar a penetração, facilita a aderência do solo aos implementos, dificultando os trabalhos de mecanização. Embora sejam mais resistentes à erosão, são altamente susceptíveis à compactação, o que merece cuidados especiais no seu preparo, principalmente no que diz respeito ao teor de umidade, no qual o solo deve estar com consistência friável. Apresentam restrições para o uso da irrigação por aspersão quando a velocidade de infiltração básica for muito baixa (MEDEIROS; CARVALHO; FERREIRA, 2006).

Solos de textura arenosa (solos leves) possuem teores de areia superiores a 70% e o de argila inferior a 15%; são permeáveis, leves, de baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica. Altamente susceptíveis à erosão, necessitando de cuidados especiais na reposição de matéria orgânica, no preparo do solo e nas práticas conservacionistas. Apresenta baixa capacidade de retenção de água, o que ocasiona uma alta taxa de infiltração de água no solo e conseqüentemente elevadas perdas por percolação (MEDEIROS; CARVALHO; FERREIRA, 2006).

Solos de Textura Média (solos médios) são solos que apresentam certo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila. Normalmente, apresentam boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade. Portanto, não necessitam de cuidados especiais, adequando-se a todos os métodos de irrigação (MEDEIROS; CARVALHO; FERREIRA, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O estudo foi desenvolvido em ambiente protegido de 19 de Abril a 20 de Julho de 2013, no Departamento de Solos e Recursos Ambientais (22°30' S, 48°15' W e 830 metros) da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Estado de São Paulo (Figura 1).



Figura 1 - Departamento de Solos e Recursos Ambientais – UNESP/FCA.

Fonte: http://www.fca.unesp.br/?_escaped_fragment_=/instituicao/departamentos/solos-recursos-ambientais/sra

A casa de vegetação apresentava estrutura de teto em arco, com plástico transparente, laterais de tela antiáfídica, tendo uma área total de 168 m², com 2,6 m de pé direito e 3,0 m de altura no vão central.

O experimento, conduzido em vasos plásticos, foi decomposto em três ensaios, sendo cada um associado a uma textura de solo distinta (argilosa, média e arenosa) provenientes da Fazenda Lageado e Fazenda Edgárdia, Botucatu, São Paulo. Os solos foram secos ao ar e peneirados em uma malha de 10 mm. Em seguida, retiraram-se subamostras para caracterização de seus atributos físicos e químicos (Tabela 1). Foi determinada a curva característica de água no solo das texturas utilizando o modelo de Genuchten (1980) utilizando o programa computacional Soil Water Retention Curve SWRC versão 3.0 beta (DOURADO NETO et al., 2001). Os valores de capacidade de campo (CC, - 10 kPa) e ponto de murcha permanente (PMP, - 1.500 kPa) foram, respectivamente, 36,67 cm³ cm⁻³ e 25,57 cm³ cm⁻³ para textura argilosa; 21,82 cm³ cm⁻³ e 14,02 cm³ cm⁻³ para textura média; 7,74 cm³ cm⁻³ e 2,65 cm³ cm⁻³ para textura arenosa (Figura 2).

Tabela 1 - Atributos físico-químicos do solo determinados pelo Laboratório de Fertilidade e Laboratório de Física do Solo no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP – FCA. Botucatu – SP.

Classe	pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Textural	CaCl ₂	-- mg dm ⁻³ --			-----	mmol _c dm ⁻³ -----					
Arenoso	4,1	4,3	1,8	4,6	18,0	3,0	2,3	1,4	6,7	24,8	27,2
Médio	4,1	13,2	1,9	7,9	51,1	1,0	2,3	0,6	3,9	55,0	7,1
Argiloso	4,1	19,6	8,3	12,3	90,3	0,6	1,2	0,6	2,3	92,6	2,5
Classe				Areia	Argila	Silte					
Textural				-----	g dm ⁻³ -----						
Arenoso				944	50	6					
Médio				625	323	52					
Argiloso				135	619	246					

Com o propósito de caracterizar o ambiente climático, foram realizadas medições diárias de Temperatura do ar (T, °C) e de Umidade relativa do ar (UR, %), auferidos por um Termo-higrômetro digital instalado na estufa. Os valores obtidos podem ser observados na Figura 3.

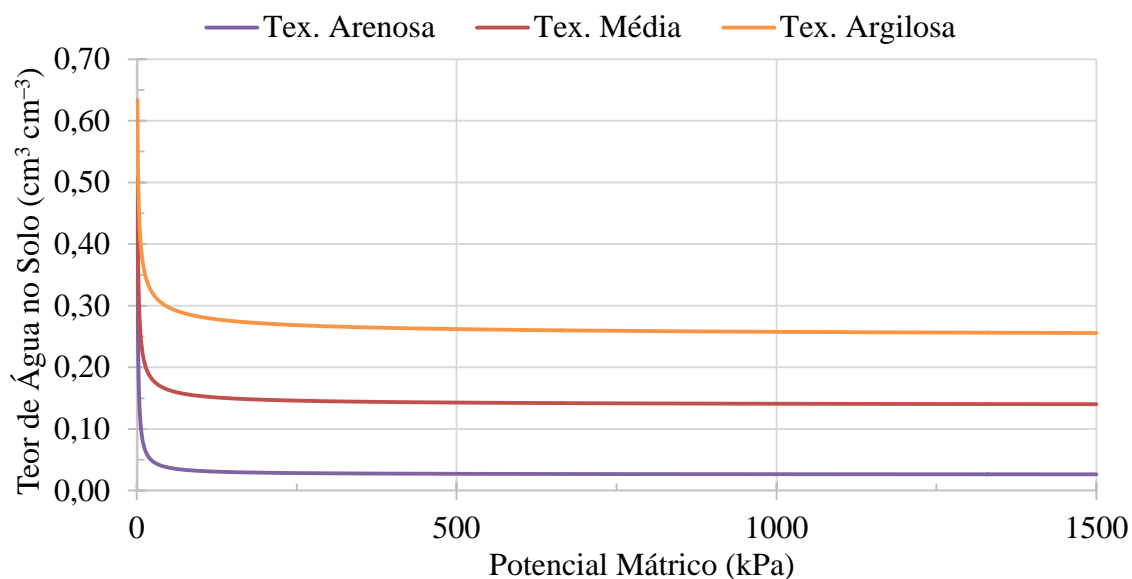


Figura 2 - Curvas características de água no solo referentes as texturas argilosa, média e arenosa, realizada no Laboratório de Relação Solo-Água do Departamento de Engenharia Rural, UNESP/FCA. Botucatu – SP.

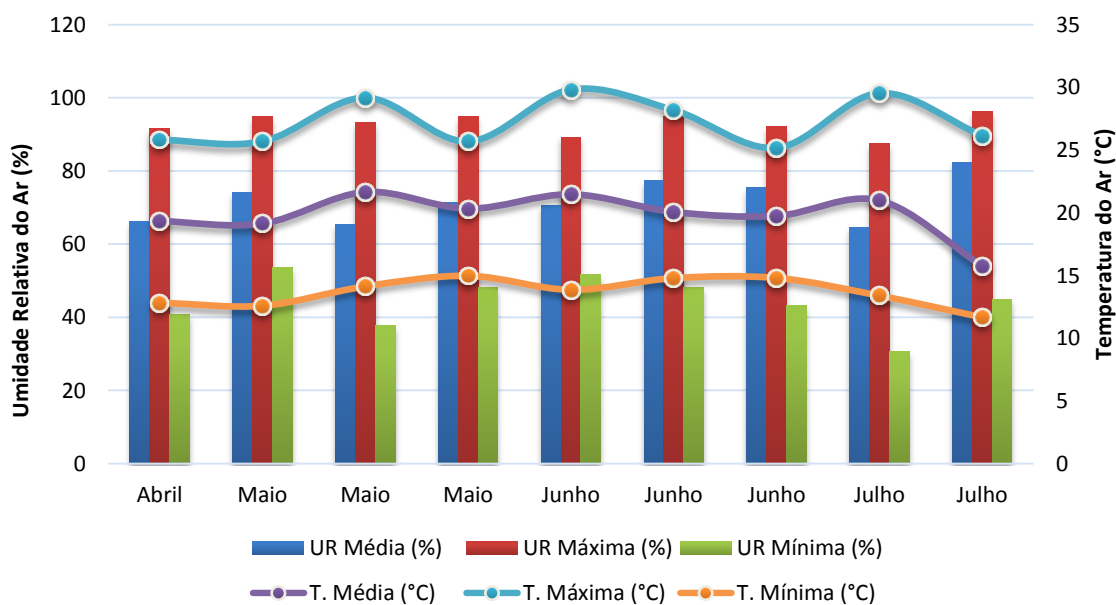


Figura 3 - Valores de Umidade relativa do ar máxima (UR Máxima, %), Umidade relativa do ar média (UR Média, %), Umidade relativa do ar mínima (UR Mínima, %) e Temperatura Máxima (T. Máxima, °C), Temperatura Média (T. Média, °C), Temperatura Mínima (T. Mínima, °C) registrados na casa de vegetação do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – UNESP/FCA.

3.2. Caracterização do delineamento experimental

Modelou-se o ensaio em um delineamento experimental de blocos casualizados (Figura 4) com quatro repetições e dez tratamentos especificados a seguir:

Depleção 30% AD	Tensão – 30 kPa
Depleção 40% AD	Tensão – 40 kPa
Depleção 50% AD	Tensão – 50 kPa
Depleção 60% AD	Tensão – 60 kPa
Depleção 70% AD	Tensão – 70 kPa

Adotou-se o modelo estatístico:

$$y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij} \quad (3.1)$$

Com $i = 1, 2, \dots, I$ e $j = 1, 2, \dots, J$

Onde: y_{ij} : valor observado para o i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco;

m : constante inerente a todas as observações;

t_i : efeito do i -ésimo tratamento;

b_j : efeito do j -ésimo bloco;

e_{ij} : erro aleatório atribuído à observação y_{ij} , tal que $e_{ij} \sim N(0, s^2)$ e independentes.

Antes de realizar a análise estatística dos dados dos ensaios, aplicou-se os testes de Bartlett e Shapiro–Wilk com o objetivo de avaliar a heterocedasticidade da variância e o ajustes dos erros a uma distribuição aproximadamente normal, segundo a metodologia de Nogueira (2007).

Após a análise de variância convencional codificaram-se os tratamentos de acordo com os grupos de interesse, utilizando-se novas variáveis denominadas variáveis auxiliares seguindo a metodologia de Nesi e Garcia (2005). Considerando que se tem dois métodos trabalhou-se com duas variáveis auxiliares seguindo o modelo estatístico:

$$y_{ij} = m + c_i + d_i + b_j + e_{ij} \quad (3.2)$$

Com $i = 1, 2, \dots, I$ e $j = 1, 2, \dots, J$

Onde: y_{ij} : Valor observado para o i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco;

m : Constante inerente a todas as observações;

c_i : efeito do i -ésimo tratamento do grupo 1;

d_i : efeito do i -ésimo tratamento do grupo 2;

b_j : efeito do j -ésimo bloco;

e_{ij} : erro aleatório atribuído à observação y_{ij} , tal que $e_{ij} \sim N(0, s^2)$ e independentes.

Como o uso da variável auxiliar não proporciona testar o contraste entre os dois grupos e usou-se a função CONTRASTE do PROC GLM (SAS INSTITUTE, 2000). Para todas as análises, utilizou-se o software SAS (SAS INSTITUTE, 2000) e para comparação de médias aplicou-se o teste de Scott-Knott (ZIMMERMANN, 2004) com o programa genes (PROGRAMA GENES, 2013).

O quadro da análise de variância relativa a cada ensaio com desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos é o que se segue:

Tabela 2 - Quadro da análise de variância.

Fonte de Variação¹	Graus de Liberdade
Blocos	(J - 1)
Tratamentos	I - 1
Depleção (C)	$c' - 1$
Tensão (D)	$d' - 1$
Depleção v.s. Tensão	1
Resíduo	(I - 1) (J - 1)
Total	IJ - 1

¹ C: efeito dos tratamentos referentes a depleção;

D: efeito dos tratamentos referentes a tensão;

c' : número de níveis que assume a variável auxiliar C;

d' : número de níveis que assume a variável auxiliar D;

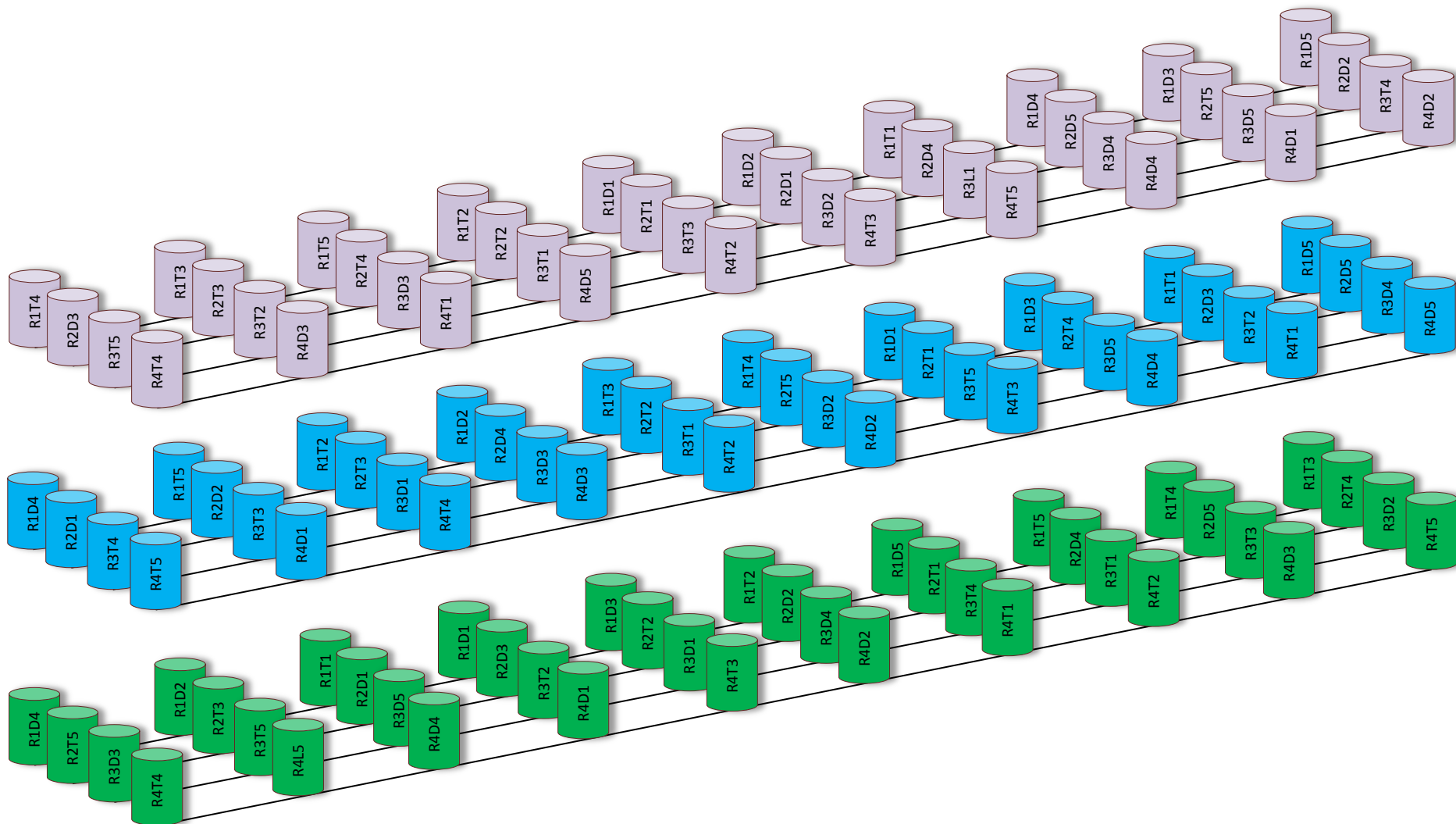


Figura 4 - Disposição dos tratamentos Depleção (D), Tensão(T) e repetições (R) para os ensaios de textura argilosa (A), arenosa (B) e textura média (C).

3.3. Semeadura e adubação da cultura

A calagem do solo foi realizada 30 dias antes da semeadura, visando elevar a saturação de bases a 70% (Instituto Agrônômico, 1996) e uma aplicação de 1.910 mg dm^{-3} de Superfosfato simples (SFS) para elevar o teor de P_2O_5 a 100 mg dm^{-3} .

Foram semeadas cinco (Figura 5) sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo comercial carioca, cultivar BRS Ametista, em vasos plásticos com capacidade de 8 litros, com o solo na capacidade de campo. Dez dias após a germinação, foi realizado o desbaste, permanecendo a densidade populacional com três plantas por vaso.



Figura 5 - Semeadura da cultivar BRS Ametista nos ensaios de textura arenosa, média e argilosa na casa de vegetação do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - UNESP/FCA.

Foram realizadas, quinzenalmente, fertirrigações com uma solução com $22,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de Uréia e 160 mg dm^{-3} de Cloreto de Potássio (KCl), juntamente com uma solução estoque (8 mL de solução de micronutrientes e 8 mL de Fe-EDTA). Os micronutrientes contidos na solução são 2,86 g de Ácido Bórico (H_3BO_3); 1,81 g de Cloreto Manganoso Tetra hidratado ($\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$); 0,10 g de Cloreto de Zinco (ZnCl_2); 0,04 g de Cloreto de Cobre (CuCl_2); 0,02 g de Ácido Molibídico Hidratado ($\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dissolvidos em 1,0 L de água deionizada. Os nutrientes contidos na solução Fe-EDTA são 26,2 g de Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético Ferroso (EDTA); 268 mL de Hidróxido de Sódio (NaOH); 24,0g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dissolvidos em 1,0 L de água deionizada.

3.4. Manejo de irrigação

O manejo da irrigação foi conduzido visando elevar o teor de água no solo à capacidade de campo sempre que os critérios estabelecidos fossem requeridos (– 30 kPa, – 40 kPa, – 50 kPa, – 60 kPa, – 70 kPa e 30%, 40%, 50%, 60%, 70% da AD).

E para isso o momento de irrigar era indicado com o auxílio de tensiômetros e um tensímetro digital (Figura 6) instalados em cada vaso para todos os ensaios, em concordância com a curva característica de água de cada textura do solo (Figura 2).



Figura 6 - Aferição do teor de umidade do solo com o auxílio de um tensímetro digital nos solos de textura arenosa, média e argilosa na casa de vegetação do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - UNESP/FCA.

A capacidade de água disponível, para a tensão, foi calculada para cada textura pela expressão:

$$CAD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) \times Z \quad (3.3)$$

Em que:

θ_{CC} : umidade volumétrica do solo na capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

θ_{PMP} : umidade volumétrica do solo no ponto de murcha permanente, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

Z: profundidade efetiva do sistema radicular, mm.

A capacidade de água disponível, para os tratamentos com depleção, foi calculada para cada textura, pela expressão:

$$CAD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) \times Z \times D_{\%} \quad (3.4)$$

Em que:

θ_{CC} : umidade volumétrica do solo na capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

θ_{PMP} : umidade volumétrica do solo no ponto de murcha permanente, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

Z: profundidade efetiva do sistema radicular, mm.

$D_{\%}$: nível de depleção, %.

A lâmina aplicada, para as tensões e depleções, foi calculada para todas as texturas pela equação:

$$L = \pi \times r^2 \times CAD \times 1000 \quad (3.5)$$

Em que:

r: raio do vaso, m.

CAD: capacidade de água disponível, mm.

A água de irrigação foi aplicada utilizando uma proveta graduada (500 mL). Após a emergência, o volume de água aplicado foi igual para todos os tratamentos, sendo diferenciada aos 60 dias após a semeadura (DAS), no momento do estágio de florescimento. Os valores totais de lâmina aplicada encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Lâminas totais aplicadas nos solos de texturas arenosa, média e argilosa de acordo com os métodos de Depleção e Tensão. Botucatu, São Paulo. 2013

Métodos	Tratamentos	Lâminas Aplicadas (mm)		
		Arenoso	Médio	Argiloso
Depleção	30% CAD	181,12	190,66	245,27
	40% CAD	176,71	181,87	222,00
	50% CAD	158,17	171,72	206,77
	60% CAD	156,13	160,86	197,56
	70% CAD	142,84	143,04	195,19
Tensão	- 30 kPa	206,14	212,90	218,78
	- 40 kPa	197,69	200,39	206,77
	- 50 kPa	169,09	187,43	199,27
	- 60 kPa	176,19	185,59	197,37
	- 70 kPa	162,77	167,24	189,08

3.5. Atributos avaliados

Os componentes de produção foram avaliados (Figura 7) após a colheita, sendo coletados em três plantas de cada tratamento os seguintes caracteres:

- Número de vagens por planta (NVP)** – número de vagens de plantas individuais da parcela;
- Peso de vagens por planta (PVP)** – peso de vagens de cada planta da parcela, expresso em gramas (g);
- Comprimento da vagem (COMPV)** – média de cinco vagens tomadas de cada planta da parcela, expresso em centímetros (cm);
- Número de grãos por vagem (NGV)** – média do número de grãos de três vagens tomadas de cada planta da parcela;
- Peso de grãos por vagem (PGV)** – média do peso de grãos de três vagens tomadas de cada planta da parcela, expresso em gramas (g);
- Peso de 100 grãos (P100G)** – peso de 100 grãos tomadas de cada planta da parcela, expresso em gramas (g);
- Produtividade de grãos (PG)** – peso de grãos tomado de plantas da parcela, expresso em gramas (g planta^{-1});

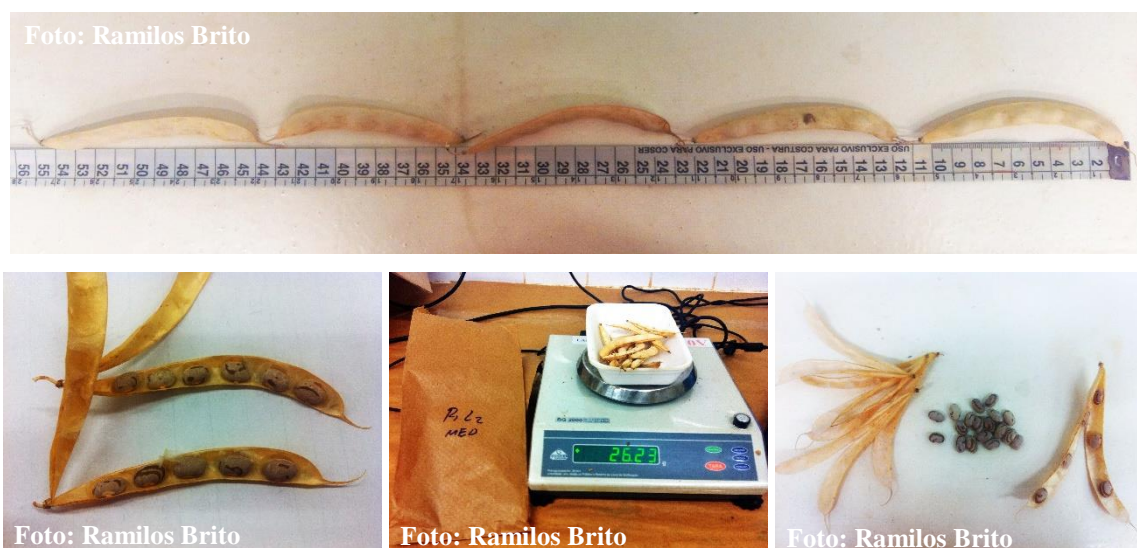


Figura 7 - Avaliação dos componentes de produção após a colheita referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta^{-1}).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento a temperatura e umidade sofreram variações conforme visto na Figura 3. A temperatura média variou de 10,5 °C a 27,3 °C; a temperatura máxima de 17 °C a 35 °C e a temperatura mínima de 3,7 °C a 18,4 °C. De maneira geral, ao longo do período de condução do experimento, tais médias não mantiveram-se na faixa recomendada pela Embrapa (2003) e por Silva e Steinmtz (2005), que para temperatura mínima sugere 12 °C, temperatura média a 21 °C e máxima de 29 °C. Tendo em vista tal acontecimento, o desenvolvimento do feijoeiro foi comprometido devido a alteração climática, provocando abortamento de flores. Ainda conforme Embrapa (2003), a temperatura do ar é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro.

Segundo Aidar et al. (2002), os feijoeiros que desenvolvem-se fora dos limites de temperatura estabelecidos são acometidos de danos à produção, desde a queda de flores até o abortamento das vagens, pois os efeitos das altas temperaturas podem ser confundidos com os de deficiência hídrica. Quando há disponibilidade de água, a temperatura elevada provoca abortamento de flores e vagens, além da predominância do

crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo.

4.1. Solo de Textura Arenosa

Na Tabela 4 apresenta-se o resumo da análise de variância do ensaio de textura arenosa referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagens (NGV), peso de grãos por vagens (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). A análise revelou existir diferenças estatisticamente significativas ($P < 5\%$ e $P \leq 1\%$) para os componentes de produção analisados. Não houveram interação entre os métodos para o NVP, PVP e PGV. O coeficiente de variação dos dados registrou-se entre baixo e médio para as características.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

F.V.	G.L.	Quadrados Médios ¹						
		NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Blocos	3	2,266**	0,243**	1,8209**	0,6042**	0,1104**	12,104 ^{ns}	11,479**
Tratamentos	9	1,330**	0,126**	4,4073**	0,6964**	0,1521**	52,895*	18,994**
Depleção	4	2,160**	0,122**	4,5791**	0,3705*	0,1376**	38,372**	16,068**
Tensão	4	0,80*	0,133**	5,1741**	0,6460**	0,1832**	32,604**	25,321**
D v.s. T	1	0,136 ^{ns}	0,121**	0,6534 ^{ns}	2,2014**	0,0862 ^{ns}	192,150**	5,396**
Resíduo	27	0,273	0,229	0,287	0,131	0,024	21,836	2,266
C.V	–	13,33	4,91	13,01	8,08	13,97	21,47	17,20

¹ ns: Não significativo ($p > 0,05$);

*: Significativo ($0,05 \geq p \geq 0,01$);

** : Significativo ($p \leq 0,01$);

Na Tabela 5 observa-se a comparação de médias entre os dez tratamentos para o ensaio de textura arenosa. O teste de Scott-Knott não encontrou diferenças estatísticas ao nível de 5% para as médias que apresentarem a mesma letra na vertical. Na cultura do feijão, a produtividade de grãos é correlacionada com os componentes da produção (COSTA; ZIMMERMANN, 1988; COIMBRA et al., 1999). Dependendo das condições, alguns componentes da produção podem aumentar e outros

diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos (COSTA et al., 1983).

O NVP elencou as maiores médias para os tratamentos 30% AD, 40% AD, - 30 kPa, - 40 kPa, - 50 kPa e - 60kPa, com as respectivas médias 4,75, 4,58, 4,08, 3,92, 4,59 e 4,0. Os tratamentos com menor teor de água no solo, logo, apresentaram os menores valores para a característica. Esse resultado corrobora com os encontrados por Miranda, Belmar (1977) e Stone et al. (1988) que também observaram redução no número de vagens por planta em feijoeiros submetidos a deficiência hídrica.

Tabela 5 - Comparação de médias (agrupamentos) dos dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grão por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Métodos	Tratamentos ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	4,75 a	9,70 a	4,55 b	4,55 a	1,18 b	22,19 a	9,67 a
	40% AD	4,58 a	10,00 a	5,27 a	4,25 b	1,29 a	22,68 a	11,04 a
	50% AD	3,42 b	9,70 a	4,30 b	4,16 b	1,12 b	20,02 a	8,06 b
	60% AD	3,33 b	9,60 a	3,29 c	4,51 a	0,90 c	17,66 a	7,18 b
	70% AD	3,25 b	9,55 a	2,56 d	3,80 b	0,86 c	15,35 a	5,97 b
Tensão	- 30 kPa	4,08 a	9,90 a	5,45 a	4,70 a	1,34 a	27,82 a	12,10 a
	- 40 kPa	3,92 a	10,10 a	5,23 a	5,00 a	1,43 a	24,99 a	11,30 a
	- 50 kPa	4,59 a	9,65 a	4,20 b	4,82 a	1,12 b	23,66 a	8,53 b
	- 60 kPa	4,00 a	9,70 a	3,71 c	5,05 a	1,00 c	19,94 a	7,50 b
	- 70 kPa	3,33 b	9,75 a	2,67 d	4,05 b	0,93 c	23,36 a	6,16 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As médias encontradas para o comprimento de vagem (COMPV) estiveram no intervalo de 9,55 cm e 10,10 cm e indicou com o teste estatístico que os métodos de irrigação analisados não contribuíram para a diferenciação das médias encontradas. Tais valores revelaram-se superiores aos encontrados por Miorini (2012).

Alcançou-se um acréscimo de 48% no peso de vagem por planta (PVP), os tratamentos que mais se destacaram foram 40% AD, - 30 kPa e - 40 kPa com os valores médios de 5,27 g, 5,54 g e 5,23g, respectivamente. Os tratamentos 70% AD e - 70 kPa revelaram-se com as menores médias, 2,56 g e 2,67 g, sendo justificado pelo mínimo teor de água no solo que tais tratamentos armazenam. Esses resultados aproximaram-se dos

encontrados por Summerfield et al. (1976) que, no feijão-caupi, encontram uma redução de 50% no número e peso das vagens normais.

Os métodos de irrigação influenciaram também o NGV, recebendo maiores destaques para os tratamentos 30% AD (4,55), 60% AD (4,51), – 30 kPa (4,7), – 40 kPa (5,0), – 50 kPa (4,82) e – 60 kPa (5,05). As menores médias apresentaram-se para os tratamentos 40% AD (4,25), 50% AD (4,16), 70% AD (3,80) e – 70 kPa (4,05). Os resultados verificados nesse experimento mostraram-se maiores que os publicados por Miorini (2012) estudando a produtividade do feijoeiro sob supressão de irrigação, em vasos.

Foi detectado a interferência dos métodos de irrigação no PGV, sendo este, fracionado em três grupos (a, b, c), as maiores médias foram expostas pelos tratamentos do grupo “a”, 40% AD (1,29 g), – 30 kPa (1,34 g) e – 40 kPa (1,43 g). O grupo “b” e “c” foi associado aos tratamentos menos produtivos, sendo 30% AD (1,15 g), 50% AD (1,12 g), 60% AD (0,9 g), 70% AD (0,86 g), – 50 kPa (1,12 g), – 60 kPa (1,0 g) e – 70 kPa (0,93 g).

O P100G foi, estatisticamente, igual para todos os tratamentos. Segundo Shouse et al. (1981), este componente de produção reflete a relação entre fonte e dreno. Quando o peso de 100 sementes é reduzido, isto indica que a produção é limitada na fonte. Este fenômeno pode ocorrer em virtude do grande número de vagens, como no caso dos tratamentos adequadamente irrigados, ou pelo efeito do estresse hídrico sobre a fotossíntese ou translocação de fotoassimilados. O maior peso da semente pode refletir uma compensação para limitação de tamanho do dreno.

Os resultados alcançados com os componentes refletiram significativamente na produtividade do feijoeiro, observando-se que os tratamentos de maior frequência de irrigação revelaram maiores produtividades, sendo estes 30% AD (9,67 g planta⁻¹), 40% AD (11,04 g planta⁻¹), – 30 kPa (12,1 g planta⁻¹) e – 40 kPa (11,3 g planta⁻¹). Os demais tratamentos representaram as menores produtividades 50% AD (8,06 g planta⁻¹), 60% (7,18 g planta⁻¹) AD, 70% AD (5,97 g planta⁻¹), – 50 kPa (8,53 g planta⁻¹), – 60 kPa (7,50 g planta⁻¹) e – 70 kPa (6,16 g planta⁻¹).

Após a comparação de médias entre os dois métodos de irrigação (Tabela 4), fez-se um desdobramento dos dados para a verificar o efeito das médias dentro de cada método (Depleção e Tensão), quais são expostos nas Tabelas 6 e 7.

Na Tabela 6 está o agrupamento de cinco tratamentos de Depleção pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade estatística. O NVP não apresentou alterações, elencando os mesmos tratamentos, 30% AD (4,75) e 40% AD (4,58), como maiores igualmente ao apresentado na Tabela 4. As menores médias evidenciaram-se nos tratamentos 50% AD (3,42), 60% AD (3,33) e 70% AD (3,25).

Tabela 6 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Método	Tratamento ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	4,75 a	9,70 a	4,55 b	4,55 a	1,18 a	22,19 a	9,67 a
	40% AD	4,58 a	10,00 a	5,27 a	4,25 a	1,29 a	22,68 a	11,04 a
	50% AD	3,42 b	9,70 a	4,30 b	4,16 a	1,12 a	20,02 a	8,06 b
	60% AD	3,33 b	9,60 a	3,29 c	4,51 a	0,90 b	17,66 a	7,18 b
	70% AD	3,25 b	9,55 a	2,56 c	3,80 a	0,86 b	15,35 a	5,97 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O teste estatístico aplicado não constatou diferença significativa para os componentes COMPV, NGV e P100G. No peso de vagem por planta (PVP) os tratamentos foram arranjados em três grupos (a, b, c), o maior peso de vagem se apresentou no tratamento 40% AD (5,27 g), e foi seguido pelos tratamentos 30% AD (4,55 g), 50% AD (4,3 g), 60% AD (3,29 g) e 70% AD (2,56 g).

O PGV apresentou as maiores médias para os tratamentos 30% AD (1,18 g), 40% AD (1,29 g) e 50% AD (1,12 g). As menores médias se apresentaram para os tratamentos 60% AD (0,90 g) e 70% AD (0,86). A PG dividiu-se em dois grupos (a, b) e expôs maiores valores de médias nos tratamentos 30% AD (9,67 g planta⁻¹) e 40% AD (11,04 g planta⁻¹). Os tratamentos 50% AD (8,06 g planta⁻¹), 60% AD (7,18 g planta⁻¹) e 70% AD (5,97 g planta⁻¹) evidenciaram as menores médias.

Constata-se na Figura 8 a propensão de cada tratamento para cada componente de produção estudado, que fora descrito na Tabela 6. Em 70% dos componentes de produção, o tratamento 40% AD exprimiu maiores valores de média. Por isso nota-se que os tratamentos representados pelos níveis mais elevados de teor de água no solo, ou seja, de menor tensão, apresentaram as maiores produtividades. Pois segundo

Sebanek (1992) a absorção ótima de água pelas plantas ocorre de 60 a 70 % da capacidade máxima do solo.

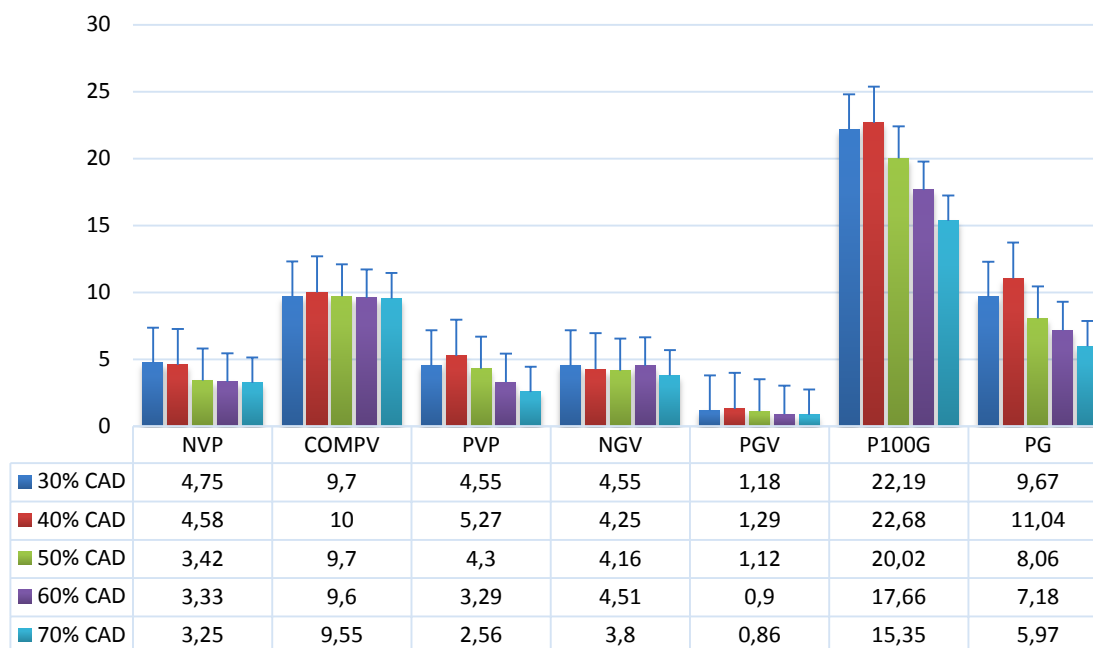


Figura 8 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

A comparação de médias foi também realizada para o método de Tensão (Tabela 7) pelo teste de Scott-Knott e possibilitou verificar os tratamentos que mais se destacaram para este método de irrigação. Os componentes NVP, COMPV e P100G não mostram-se afetados pela diferenciação do teor de água do solo.

Tabela 7 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013.

Método	Tratamento ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Tensão	- 30 kPa	4,08 a	9,90 a	5,45 a	4,70 a	1,34 a	27,82 a	12,10 a
	- 40 kPa	3,92 a	10,10 a	5,23 a	5,00 a	1,43 a	24,99 a	11,30 a
	- 50 kPa	4,59 a	9,65 a	4,20 b	4,82 a	1,12 b	23,66 a	8,53 b
	- 60 kPa	4,00 a	9,70 a	3,71 b	5,05 a	1,00 b	19,94 a	7,50 b
	- 70 kPa	3,33 a	9,75 a	2,67 c	4,05 b	0,93 b	23,36 a	6,16 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O PVP foi decomposto em grupos (a, b, c), no grupo “a” estiveram os tratamentos que mais se destacaram, sendo -30 kPa (5,45 g) e -40 kPa (5,23 g). Em segundo lugar, grupo “b”, foi composto pelos tratamentos -50 kPa (4,20 g) e -60 kPa (3,71 g). O tratamento -70 kPa foi o que apresentou menor média, 2,67 g.

O NGV foi dividido em dois grupos (a, b) sendo que 80% dos tratamentos concentram-se apenas no grupo “a”, que são -30 kPa (4,7), -40 kPa (5,0), -50 kPa (4,82) e -60 kPa (5,05). O menor tratamento obteve média de 4,05, representando o tratamento -70 kPa.

Para o componente PGV, apenas dois tratamentos apresentaram as maiores médias, -30 kPa (1,43 g) e -40 kPa (1,43 g). As menores médias e seus respectivos tratamentos foram 1,12 g (-50 kPa), 1,0 g (-60 kPa) e 0,93 g (-70 kPa).

A produtividade (PG, g planta⁻¹) alcançou as maiores médias nas menores tensões aplicadas, -30 kPa (12,1 g planta⁻¹) e -40 kPa (11,3 g planta⁻¹). Estas foram seguidas das menores produtividades e seus respectivos tratamentos, -50 kPa (8,53 g planta⁻¹), -60 kPa (7,5 g planta⁻¹) e -70 kPa (6,16 g planta⁻¹). Weaver et al. (1984) avaliaram que uma diminuição do potencial da água no solo de -50 kPa a -100 kPa reduz a produção total de grãos por planta de 20% a 40%; mas o número de sementes por vagem e o peso de 100 sementes não foi reduzido.

Pode ser conferido na Figura 9 o comportamento dos tratamentos para cada componente de produção analisado, que fora descrito na Tabela 7, de maneira mais ampla. Dentre os tratamentos destaca-se -30 kPa e -40 kPa, pois influenciaram significativamente os componentes de produção. Hedge e Srinivas (1990) obtiveram as maiores produções de matéria seca, produção de grãos, absorção de nutrientes e eficiência no uso da água de irrigação quando o potencial mátrico descia de -25 kPa a -45 kPa, comparado com irrigação a potenciais menores (-65 kPa a -85 kPa). Na característica P100G, mesmo não havendo significância estatística entre as médias, constata-se que houvera um comportamento incomum para o tratamento -70 kPa e tal fato pode ter acontecido no processo de aquisição dos dados.

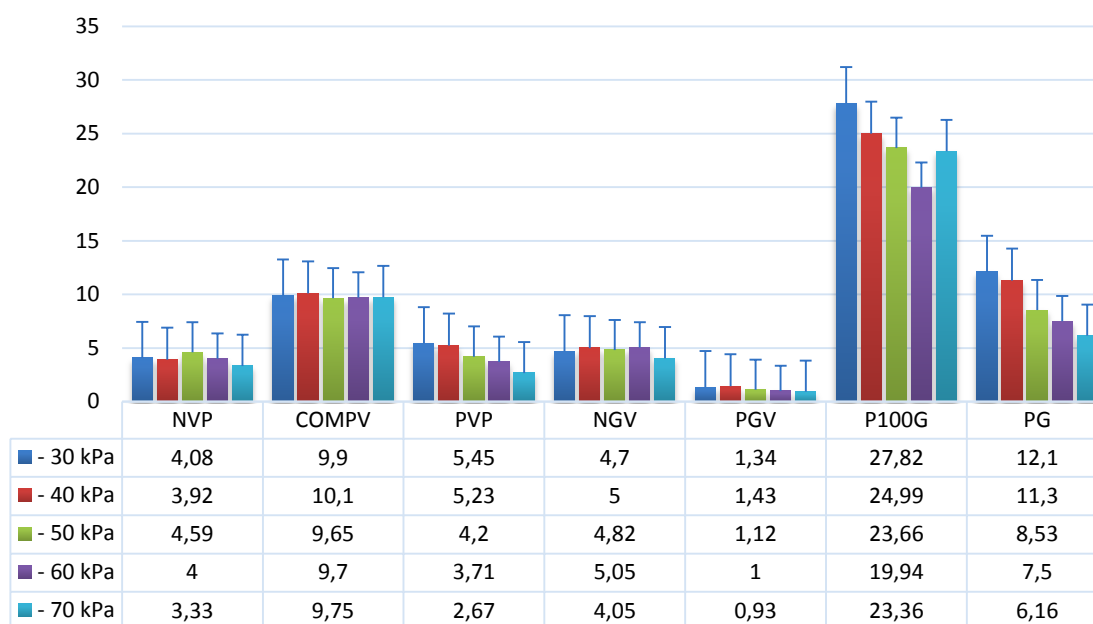


Figura 9 - Agrupamento dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Explicita-se na Tabela 8, que o método da Tensão, para o solo arenoso, apresentou resultados mais significativos quando comparado ao método de Depleção, pois pela comparação dos contrastes entre os métodos, dois parâmetros revelaram resultados significativos, sendo o número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos (P100G). No entanto, a produtividade (PG, g planta⁻¹) expôs que ela é indiferente aos métodos aplicados, haja vista que não sofrera variação significativa.

Esse comportamento pode estar relacionado a textura arenosa, pois neste tipo, o solo seca mais rápido por possuir maior macroporosidade, o que possibilita a passagem da água com maior facilidade entre os poros, alcançando maiores profundidades. E nesta movimentação da água para as camadas mais profundas, ela carrega junto os nutrientes essenciais às plantas, diminuindo por conseguinte o efeito da diferença de lâmina aplicada.

Tabela 8 - Comparação dos contrastes entre métodos (Depleção v.s. Tensão) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura arenosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Componentes de Produção	Métodos de Irrigação ¹	
	Depleção	Tensão
NVP	3,87 A	3,98 A
COMPV	9,71 A	9,82 A
PVP	3,99 A	4,25 A
NGV	4,25 B	4,72 A
PGV	1,07 A	1,16 A
P100G	19,58 B	23,95 A
PG	8,38 A	9,12 A

¹Médias na horizontal seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade.

4.2. Solo de Textura Argilosa

O resumo dos quadrados médios do ensaio de textura argilosa é exposto na Tabela 9, com as variáveis número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Pela análise de variância observa-se que foram detectadas diferenças significativas a 1% e 5% de probabilidade para a maioria dos componentes de produção avaliados. Não houve interação entre os métodos para o NVP, COMPV, PVP, NGV e PGV. O coeficiente de variação dos dados mantiveram-se de baixos a médios para todas as características avaliadas.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013

F.V.	G.L.	Quadrados Médios ¹						
		NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Blocos	3	0,3789 ^{ns}	0,5327 ^{ns}	5,2577 ^{**}	0,1743 ^{ns}	0,0290 ^{ns}	23,5208 ^{ns}	7,9254 [*]
Tratamentos	9	0,3999 ^{ns}	0,6893 ^{ns}	1,9068 ^{ns}	0,2504 ^{ns}	0,0675 [*]	64,1572 ^{**}	21,1854 ^{**}
Depleção	4	0,8384 ^{**}	0,2720 ^{ns}	2,5120 ^{ns}	0,1576 ^{ns}	0,0520 ^{ns}	36,2458 ^{ns}	15,0679 ^{**}
Tensão	4	0,5675 ^{ns}	0,9338 [*]	1,1533 ^{ns}	0,2920 ^{ns}	0,0927 [*]	79,6561 ^{**}	18,6516 ^{**}
D v.s. T	1	0,0180 ^{ns}	1,3801 ^{ns}	2,5000 ^{ns}	0,4553 ^{ns}	0,0287 ^{ns}	113,8067 [*]	55,7904 ^{**}
Resíduo	27	0,2284	0,3425	1,0525	0,1572	0,0235	19,0616	2,6933
C.V	–	12,75	6,16	19,79	8,66	11,55	15,47	14,74

¹ ns: Não significativo ($p > 0,05$);

*: Significativo ($0,05 \geq p \geq 0,01$);

** : Significativo ($p \leq 0,01$);

Encontra-se na Tabela 10 a comparação de médias dos dez tratamentos aferidos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os componentes NVP, COMPV, PVP, NGV apresentaram médias diferentes para cada tratamento dentre os métodos de irrigação utilizados, no entanto não foram significantes. Tal fato pode ter relação com o tipo de solo utilizado no ensaio (argiloso), pois esses solos possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Lâminas excessivas provocam um ambiente com falta de aeração para as plantas, bem como favorecem a disseminação de doenças e perdas de nutrientes por lixiviação (SANTANA, 2007). A redução do rendimento da cultura com reposições excessivas de água foi verificada por Azevedo (1984), Frizzone (1986), Carvalho (1992), Garrido (1998).

O PGV foi decomposta em dois grupos (a, b), 70% das médias compuseram o grupo “a”, sendo que 57% dos tratamentos faz parte do método utilizando o manejo da irrigação pela Depleção, os outros 43% dos tratamentos estão concentrados no método da Tensão. Os tratamentos com maiores médias foram 30% AD (1,05 g), 40% CAD (1,42 g), 50% AD (1,33 g), 60% AD (1,30 g), – 30 kPa (1,49 g), – 40 kPa (1,35 g) e – 50 kPa (1,36 g). Os outros 30% dos tratamentos fizeram parte do grupo “b”, sendo eles 70% AD (1,21 g), – 60 kPa (1,16 g) e – 70 kPa (1,13 g).

Tabela 10 - Comparação de médias (agrupamentos) dos dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Métodos	Tratamentos ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	4,35 a	9,80 a	6,35 a	4,75 a	1,05 a	30,13 a	15,36 a
	40% AD	3,93 a	9,60 a	6,03 a	4,91 a	1,42 a	33,35 a	13,15 a
	50% AD	3,65 a	9,75 a	4,60 a	4,70 a	1,33 a	30,98 a	11,23 b
	60% AD	3,61 a	10,00 a	5,55 a	4,70 a	1,30 a	25,09 b	11,09 b
	70% AD	3,10 a	9,30 a	4,65 a	4,37 a	1,21 b	29,98 a	10,75 b
Tensão	- 30 kPa	3,93 a	9,65 a	5,70 a	4,69 a	1,49 a	27,95 a	13,80 a
	- 40 kPa	3,60 a	9,30 a	5,18 a	4,38 a	1,35 a	32,64 a	9,16 c
	- 50 kPa	3,83 a	9,20 a	4,53 a	4,70 a	1,36 a	27,79 a	9,15 c
	- 60 kPa	3,75 a	9,85 a	4,93 a	4,55 a	1,16 b	21,89 b	9,04 c
	- 70 kPa	3,75 a	8,59 a	4,35 a	4,05 a	1,13 b	22,39 b	8,62 c

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Nesta característica, P100G, 70% das médias classificaram-se no grupo “a”, 30% AD (30,13 g), 40% AD (33,35 g), 50% AD (30,98 g), 70% AD (29,98 g), - 30 kPa (27,95 g), - 40 kPa (32,64 g) e - 50 kPa (27,79 g). As médias e os tratamentos do grupo “b” foram 60% AD (25,09 g), - 60 kPa (21,89 g) e - 70 kPa (22,39 g).

Os resultados médios da produção de grãos mostram uma queda acentuada na produção à medida que se eleva o potencial matricial, ou seja, à medida que se reduz a reposição de água. Para a PG, 30% dos tratamentos receberam letra “a”, 30% com letra “b” e 40% letra “c”. Com maiores médias apresentaram-se 30% AD (15,36 g planta⁻¹), 40% AD (13,15 g planta⁻¹) e - 30 kPa (13,80 g planta⁻¹). Os tratamentos representados no grupo “b” foram 50% AD (11,23 g planta⁻¹), 60% AD (11,09 g planta⁻¹), 70% AD (10,75 g planta⁻¹). No grupo “c” se concentrou apenas tratamentos do método de Tensão, sendo - 40 kPa (9,16 g planta⁻¹), - 50 kPa (9,15 g planta⁻¹), - 60 kPa (9,04 g planta⁻¹) e - 70 kPa (8,62 g planta⁻¹).

Comparando-se os tratamentos de Depleção entre eles mesmos, nota-se que os componentes COMPV, PVP, NGV, PGV e P100G não diferiram ao nível de 5% de probabilidade estatística pelo teste de Scott-Knott (Tabela 11).

Tabela 11 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Método	Tratamentos ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	4,35 a	9,80 a	6,35 a	4,75 a	1,05 a	30,13 a	15,36 a
	40% AD	3,93 a	9,60 a	6,03 a	4,91 a	1,42 a	33,35 a	13,15 a
	50% AD	3,65 b	9,75 a	4,60 a	4,70 a	1,33 a	30,98 a	11,23 b
	60% AD	3,61 b	10,00 a	5,55 a	4,70 a	1,30 a	25,09 a	11,09 b
	70% AD	3,10 b	9,30 a	4,65 a	4,37 a	1,21 a	29,98 a	10,75 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na comparação apenas dos tratamentos da Depleção, verifica-se, de maneira geral, pelas análises realizadas para os componentes de produção, grande variação da produção desta cultivar em estudo, frente às deficiências hídricas impostas pelos tratamentos, com reduções significativas, à medida que diminuíram os níveis de água disponível no solo, sendo considerados críticos para esta cultivar, os níveis de 50% a 70%.

O componente NVP 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. As maiores médias, grupo “a”, foram relacionadas com os tratamentos 30% AD e 40% AD, com as respectivas médias 4,35 e 3,93. Os tratamentos 50% AD (3,65), 60% AD (3,61) e 70% AD (3,10) apresentaram os valores mais baixos da característica. 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.

Por sua vez, Lima (1996), verificando o efeito de cinco níveis de água disponível no crescimento e produtividade do feijão caupi, examinou também que o NVP diminuiu com o aumento do estresse hídrico. Para este autor, a redução deste componente parece ser o principal fator de decréscimos na produção de grãos de feijão caupi. Miranda, Belmar (1977) e Stone et al. (1988) também ressaltaram a redução no número de vagens por planta em feijoeiros sujeitos à deficiência hídrica. Em conformidade com Karamanos et al. (1982), a ocorrência de estresse hídrico, provoca limitação do crescimento e da superfície fotossintética, ocorrendo conseqüentemente, menor número de flores, de vagens por planta e de grãos por vagens.

A PG da mesma maneira que o NVP, obteve as maiores médias nos tratamentos 30% AD (15,36 g planta⁻¹) e 40% AD (13,15 g planta⁻¹), estas foram seguidas pelos tratamentos 50% AD (11,23 g planta⁻¹), 60% AD (11,09 g planta⁻¹) e 70% AD (10,75 g planta⁻¹). O valor de 40% AD está em concordância ao encontrado por Silveira e Stone (1994), que avaliando o desempenho do pivô central na cultura do feijoeiro em solo de cerrado verificou que o valor de 45% AD proporcionou produtividades mais elevadas. Carvalho et al. (2000), 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).

É constatado na Figura 10 a inclinação de cada tratamento em cada componente de produção, descrito na Tabela 11. Assim como ocorrido no componente P100G no ensaio de textura arenosa, verificou-se o mesmo episódio para este componente no tratamento de 70% AD para a textura argilosa. Os tratamentos 30% AD e 40% AD sobressaíram-se aos outros, com exceção do componente COMPV, no qual o tratamento 60% AD obteve o maior valor encontrado.

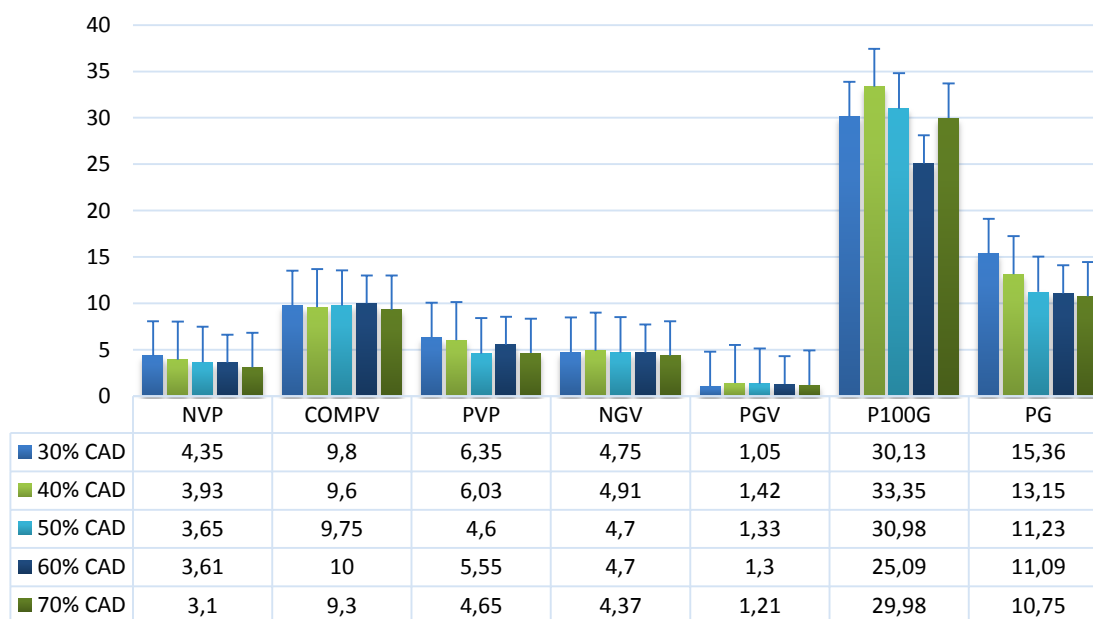


Figura 10 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Os cinco tratamentos agrupados na Tabela 12 apresentam médias diferentes, entretanto, os componentes NVP, COMPV, PVP e NGV não diferenciaram-se pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade estatística. Mesmo não sendo diferenciados estatisticamente, os tratamentos apresentaram os maiores valores de média nos tratamentos com menor tensão de água no solo. Logo as menores médias foram evidenciadas nos tratamentos de maior tensão, ou seja, menor teor de água no solo.

Tabela 12 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Método	Tratamento ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Tensão	- 30 kPa	3,93 a	9,65 a	5,70 a	4,69 a	1,49 a	27,95 a	13,80 a
	- 40 kPa	3,60 a	9,30 a	5,18 a	4,38 a	1,35 a	32,64 a	9,16 b
	- 50 kPa	3,83 a	9,20 a	4,53 a	4,70 a	1,36 a	27,79 a	9,15 b
	- 60 kPa	3,75 a	9,85 a	4,93 a	4,55 a	1,16 b	21,89 b	9,04 b
	- 70 kPa	3,75 a	8,59 a	4,35 a	4,05 a	1,13 b	22,39 b	8,62 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O PGV apresentou as três maiores médias nos tratamentos - 30 kPa (1,49 g), - 40 kPa (1,35 g) e - 50 kPa (1,36 g), seguido das médias - 60 kPa (1,16 g) e - 70 kPa (1,13 g). O P100G da mesma maneira que o PGV, elencou os mesmo tratamentos, - 30 kPa (27,95 g), - 40 kPa (32,64 g) e - 50 kPa (27,79 g), como os maiores. Os tratamentos - 60 kPa (21,89 g) e - 70 kPa (22,39 g) foram os de menor produção.

A PG expressou apenas um tratamento no grupo "a", - 30 kPa (13,80 g planta⁻¹). Figuerêdo et al. (2008) estudando tensões de água em solos argilosos em ambiente de Cerrado verificou resultado que as maiores produtividades resultaram de irrigações realizadas com o nível de tensão da água no solo em torno de 37 kPa. Os demais tratamentos apresentaram em ordem decrescente os valores médios de produtividade, - 40 kPa (9,16 g planta⁻¹), - 50 kPa (9,15 g planta⁻¹), - 60 kPa (9,04 g planta⁻¹) e - 70 kPa (8,62 g planta⁻¹).

Na Figura 11 está a tendência de cada tratamento em cada componente de produção, descrito na Tabela 10.

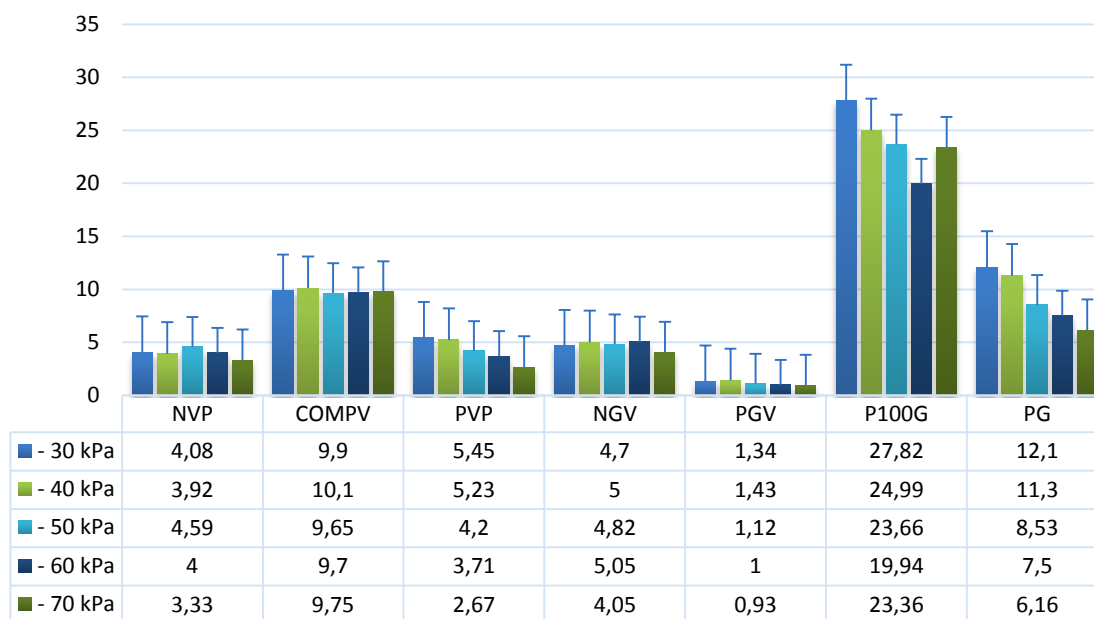


Figura 11 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013

No ensaio de textura argilosa, a comparação entre os métodos de Tensão e Depleção diferiram para dois parâmetros avaliados (Tabela 13), os outros componentes avaliados, estatisticamente ($p < 0,05$), não diferem entre si. Nota-se que a Depleção foi mais significativa que a Tensão para os componentes P100G e a PG. Tal fato pode estar relacionado com a lâmina total aplicada, que no método da depleção foi 245,27 mm enquanto que na tensão aplicou-se 218,78 mm, 11% menor. Solos com textura argilosa apresentam uma maior estruturação favorecendo a formação de maior quantidade de microporos em relação a macroporos, por isso sua CAD vai ser maior que a de solos arenosos e possibilitará por maior período a manutenção da umidade do solo, bem como o acúmulo das lâminas aplicadas.

Tabela 13 - Comparação dos contrastes entre métodos (Depleção v.s. Tensão) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura argilosa. Botucatu, São Paulo. 2013

Componentes de Produção	Métodos ¹	
	Depleção	Tensão
NVP	3,73 A	3,77 A
COMPV	9,69 A	9,32 A
PVP	5,44 A	4,94 A
NGV	4,69 A	4,47 A
PGV	1,26 A	1,30 A
P100G	29,91 A	26,53 B
PG	12,31 A	9,95 B

¹Médias na horizontal seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade.

4.3. Solo de Textura Média

Na Tabela 14 é exposto o quadro da análise de variância do ensaio de textura média referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Pela análise de variância nota-se diferenças significativas a 1% e 5% de probabilidade para os componentes de produção avaliados. Houve interação entre os métodos para os componentes NGV, P100GVP e PG. O coeficiente de variação dos dados mantiveram-se pequenos e médios para todas as características avaliadas.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013

F.V	G.L	Quadrados Médios ¹						
		NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Blocos	3	0,4968 ^{ns}	0,1188 ^{ns}	0,5618 ^{ns}	1,1475 ^{**}	0,2767 ^{**}	24,5981 ^{ns}	0,4203 ^{ns}
Tratamentos	9	0,5998 ^{ns}	0,1674 ^{ns}	1,6226 ^{**}	0,6613 ^{**}	0,0556 ^{**}	42,6950 ^{**}	13,6523 ^{**}
Depleção	4	0,7758 ^{ns}	0,1032 ^{ns}	2,1465 ^{**}	0,7208 ^{**}	0,0459 ^{**}	43,2162 [*]	10,6057 ^{**}
Tensão	4	0,4262 ^{ns}	0,1476 ^{ns}	1,5030 [*]	0,2513 ^{ns}	0,7722 ^{**}	37,2929 [*]	15,8509 ^{**}
D v.s. T	1	0,5906 ^{ns}	0,5037 ^{ns}	0,0054 ^{ns}	2,0628 ^{**}	0,0079 ^{ns}	62,2188 [*]	17,0443 ^{**}
Resíduo	27	0,3857	0,1980	0,4992	0,1709	0,0030	13,0273	0,9446
C.V	–	18,44	4,72	16,12	9,69	4,78	14,72	11,57

¹ ns: Não significativo ($p > 0,05$);

*: Significativo ($0,05 \geq p \geq 0,01$);

** : Significativo ($p \leq 0,01$);

Na Tabela 15 encontra-se a comparação de médias dos dez tratamentos (Depleção e Tensão) pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o componente de produção NVP foi observado que não houveram diferenças estatísticas, a média variou de 2,73 (– 60 kPa) a 4,18 (60% AD). O COMPV da mesma forma que o NPV, não apresentou valores de médias diferentes estatisticamente. O maior e menor comprimentos de vagem obtidos para esse ensaio foi de 9,8 cm para o tratamento – 30 kPa e 9,25 cm para o tratamento 70% AD, respectivamente.

O PVP foi dividido em dois grupos (a, b). O grupo “a” foi constituído apenas por dois tratamentos (40% AD e – 30 kPa), com estes apresentando o mesmo valor de média (5,46 g). No grupo “b”, o maior valor observado foi de 4,31 g (30% AD) e o menor valor de média observado foi para o tratamento 50% AD (3,60 g).

O NGV apresentou um comportamento atípico quando correlacionado ao teor de umidade do solo. No método de Tensão todos os tratamentos foram elencados com a letra “a”, até mesmo os tratamentos com maior tensão de água no solo. No método de Depleção apenas os tratamento 40% AD obteve maior média (4,7) e

recebeu nota “a”. Os demais tratamentos desse método apresentaram os menores valores de média para esse componente de produção.

Tabela 15 - Comparação de médias (agrupamentos) dos dez tratamentos pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013

Métodos	Tratamentos ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	3,00 a	9,20 a	4,31 b	3,90 b	1,14 c	24,85 a	9,16 b
	40% AD	3,40 a	9,60 a	5,46 a	4,70 a	1,29 b	24,99 a	9,75 b
	50% AD	3,60 a	9,26 a	3,60 b	3,63 b	0,99 d	26,39 a	7,30 d
	60% AD	4,18 a	9,30 a	4,66 b	3,78 b	1,09 c	22,00 b	6,42 d
	70% AD	3,28 a	9,25 a	3,83 b	4,20 b	1,16 c	18,13b	6,12 d
Tensão	- 30 kPa	3,58 a	9,80 a	5,46 a	4,65 a	1,41 a	27,12 a	12,11 a
	- 40 kPa	3,17 a	9,32 a	4,28 b	4,07 b	1,10 c	26,63 a	9,79 b
	- 50 kPa	3,34 a	9,65 a	3,90 b	4,65 a	1,07 c	24,44 a	8,41 c
	- 60 kPa	2,73 a	9,40 a	4,22 b	4,45 a	1,13 c	29,36 a	8,04 c
	- 70 kPa	3,43 a	9,55 a	4,12 b	4,65 a	1,11 c	21,29 b	6,93 d

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O componente de produção PGV foi composto por quatro grupos (a, b, c, d). Apenas um tratamento recebeu nota “a”, - 30 kPa (1,41 g); um tratamento com nota “b”, 40% AD (1,29 g); sete tratamentos com nota “c”, 30% AD (1,14 g), 60% AD (1,09 g), 70% AD (1,16 g), - 40 kPa (1,10 g), - 50 kPa (1,07 g), - 60 kPa (1,13 g) e - 70 kPa (1,11 g); e apenas um tratamento recebeu nota “d”, 50% AD (0,99 g).

O Peso de 100 grãos (PGV, g) foi elencado por dois grupos (a, b), os tratamentos presentes no grupo “a” estavam dentre os tratamentos que apresentavam maior teor de água no solo, sendo 30% AD (24,85 g), 40% AD (24,99 g), 50% AD (26,39 g), - 30 kPa (27,12 g), - 40 kPa (26,63 g), - 50 kPa (24,44 g) e - 60 kPa (29,36 g). Apenas três tratamentos receberam nota “b”, 60% AD (22 g), 70% AD (18,13 g) e - 70 kPa (21,29 g).

A Produtividade de grãos (PG, g planta⁻¹) sofreu forte influência da supressão hídrica e foi composta por quatro grupos (a, b, c, d), sendo que apenas um tratamento recebeu nota “a”, sendo este - 30 kPa e alcançando produtividade média de 12,11 g planta⁻¹; o grupo “b” com três tratamentos 30% AD (9,15 g planta⁻¹), 40% AD

(9,75 g planta⁻¹) e - 40 kPa (9,79 g planta⁻¹); o grupo “c” apresentou apenas dois tratamentos, - 50 kPa (8,41 g planta⁻¹) e - 60 kPa (8,04 g planta⁻¹) e o grupo “d” foi composto por tratamentos que tiveram entre 40% e 50% de redução da produtividade ocasionada pelo baixo teor de água no solo, sendo 50% AD (7,30 g planta⁻¹), 60% AD (6,42 g planta⁻¹), 70% AD (6,12 g planta⁻¹) e - 70 kPa (6,93 g planta⁻¹).

Em concordância com as pesquisas de Santana et al. (2009), estudando tensão de água no solo e doses de nitrogênio para a cultura do feijoeiro comum verificou um aumento da produtividade até aproximadamente - 30 kPa com posterior decréscimo. Assim altos valores de tensões provocaram queda na produtividade.

Após a decomposição dos métodos pode-se perceber o efeito para cada tratamento dentro do seu grupo nas Tabelas 16 e 17. Na Tabela 16 e Figura 12 está apresentado a comparação de médias para os cinco tratamentos do método de Depleção, para esse método os componentes de produção NVP e COMPV não apresentaram médias significativas para o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade estatística. Os demais componentes foram significativos e divididos em até três grupos (a, b, c). O tratamento de 40% AD foi o que mais destacou-se dentre os componentes de produção, recebendo nota “a” em todos eles.

No peso de vagem por planta (PVP, g) é observado os maiores valores de média para os tratamentos 40% AD (5,46 g) e 60% AD (4,66). Os outros tratamentos receberam nota “b”, 30% AD (4,31 g), 50% AD (3,60 g) e 70% AD (3,83 g).

Tabela 16 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013

Método	Tratamentos ¹	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Depleção	30% AD	3,00 a	9,20 a	4,31 b	3,90 b	1,14 b	24,85 a	9,16 a
	40% AD	3,40 a	9,60 a	5,46 a	4,70 a	1,29 a	24,99 a	9,75 a
	50% AD	3,60 a	9,26 a	3,60 b	3,63 b	0,99 c	26,39 a	7,30 b
	60% AD	4,18 a	9,30 a	4,66 a	3,78 b	1,09 b	22,00 b	6,42 b
	70% AD	3,28 a	9,25 a	3,83 b	4,20 b	1,16 b	18,13 b	6,12 b

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

No NGV foi apresentado apenas um tratamento com nota “a”, 40% AD (4,70), diferentemente do encontrado por Dias et al. (2012), que estudando os critérios de manejo na irrigação do feijoeiro em solos de textura média encontrou 50% AD como valor de umidade para maior média para esse componente. Os demais tratamentos apresentaram menores valores de média, 30% AD (3,90), 50% AD (3,63), 60% AD (3,78) e 70% AD (4,20).

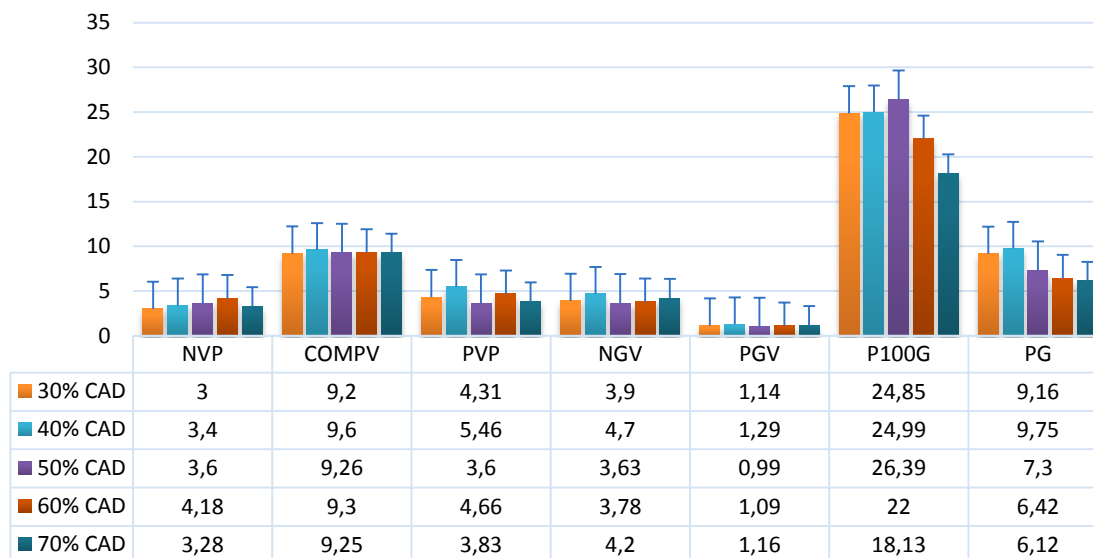


Figura 12 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013

No PGV houve destaque para o tratamento 40% AD (1,29 g), este foi seguido dos tratamentos 30% AD (1,14 g), 60% AD (1,09 g) e 70% AD (1,16 g); e recebendo a pior nota (c) o tratamento 50% AD com média 0,99 g. No componente de produção P100G três tratamentos receberam nota “a” e dois receberam nota “b”, que são respectivamente 30% AD (24,85 g), 40% AD (24,99 g), 50% AD (26,99 g) e 60% AD (22 g), 70% AD (18,13 g).

Na produtividade de grãos (PG, g planta⁻¹) as médias variaram de 6,12 a 9,75 g planta⁻¹. Os tratamentos que mais se destacaram foi 30% AD (9,16 g planta⁻¹) e 40% AD (9,75 g planta⁻¹), valores estes que são semelhantes ao encontrado por Silveira e Stone (2004), que verificou que o valor de 45% AD proporcionara maior produtividade. Os

tratamentos que evidenciaram menor valores de lâmina foram 50% AD (7,30 g planta⁻¹), 60% AD (g planta⁻¹) e 70% AD (6,12 g planta⁻¹).

Na Tabela 17 e Figura 13 é exibida a comparação de médias para os cinco tratamentos do método de Tensão, para esse método os componentes de produção PVP, PGV e PG apresentaram médias significativas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade estatística. Os demais componentes não diferiram entre si e receberam a mesma letra (a).

O tratamento – 30 kPa destacou-se em todos os componentes de produção, dentre todos os tratamentos. Os resultados deste trabalho assemelham-se ao de Stansell e Smittle (1980), que encontraram uma redução da produção de 41% e 48% quando a irrigação foi aplicada a – 50 kPa e – 75 kPa, respectivamente, em comparação à irrigação a – 25 kPa. A redução do uso da água pela cultura foi proporcionalmente menor que o decréscimo da produtividade, resultando em eficiência do uso da água. Alguns autores verificaram a tensão de água no solo para atender as demandas da cultura, como Silveira; Stone (2004) referindo a faixa de – 10 kPa a – 40 kPa, e Guerra et al. (2000) recomendando – 41 kPa.

Tabela 17 - Comparação de médias (agrupamentos) dos cinco tratamentos (Tensão) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013

Método	Tratamentos	NVP	COMPV	PVP	NGV	PGV	P100G	PG
Tensão	– 30 kPa	3,58 a	9,80 a	5,46 a	4.65 a	1,41 a	27,12 a	12,11 a
	– 40 kPa	3,17 a	9,32 a	4,28 b	4.07 a	1,10 b	26,63 a	9,79 b
	– 50 kPa	3,34 a	9,65 a	3,90 b	4.65 a	1,07 b	24,44 a	8,41 c
	– 60 kPa	2,73 a	9,40 a	4,22 b	4.45 a	1,13 b	29,36 a	8,04 c
	– 70 kPa	3,43 a	9,55 a	4,12 b	4.65 a	1,11 b	21,29 a	6,93 c

¹ Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os componentes de produção NVP, COMPV, NGV e P100G em todos os tratamentos apresentaram, na vertical, a mesma letra por não diferir entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade estatística pra esse método de irrigação. Moreira (2013), estudando o desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de

nitrogênio verificou que a massa de 100 grãos também não foi afetada pelos fatores e interações confirmando que essa é a característica que apresenta a menor variação percentual em virtude das alterações do meio. Diferentemente do encontrado por Acosta-Gallegos e Shibata (1989), que conferiram uma redução de todos os componentes da produção quando o feijão foi submetido a estresse de água.

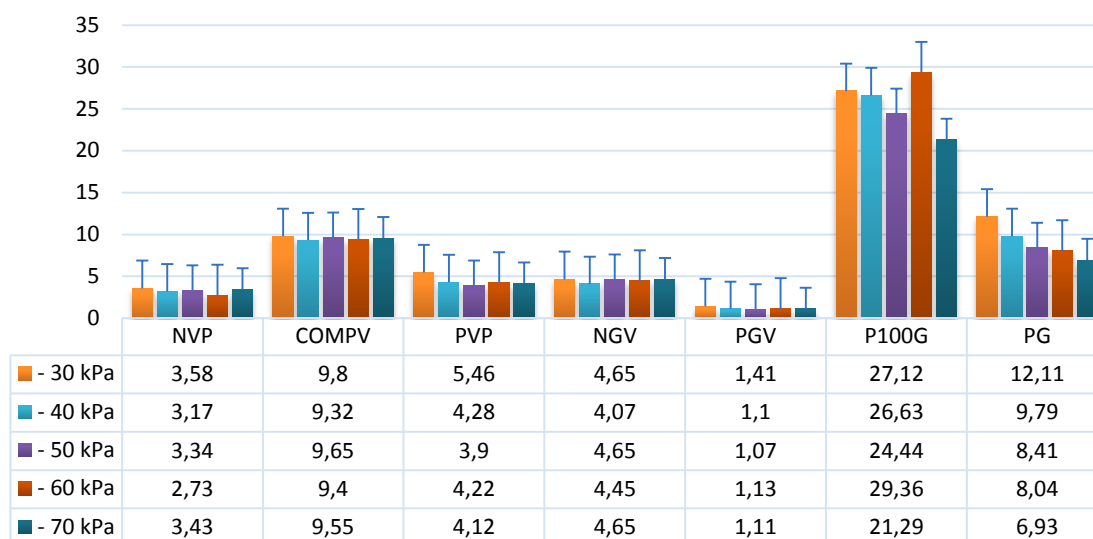


Figura 13 - Agrupamentos dos cinco tratamentos (Depleção) pelo teste de Scott-Knott referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013

Na Tabela 18 verifica-se pelo teste “F”, ao nível de 5% de probabilidade estatística, qual método de irrigação mais influenciou os componentes de produção. E dentre esses, o NGV (4,49), P100G (25,77 g) e PG (9,06 g planta⁻¹) receberam maior influência pelo método da Tensão. Nos demais componentes de produção percebe-se que os métodos são indiferentes, já que não houve diferença estatística para os valores de média alcançados. Esse resultado está relacionado a lâmina aplicada no manejo da irrigação utilizando o método da Tensiometria, sendo aplicado 212,9 mm contra 190,66 mm aplicados no manejo via depleção de água no solo.

Constata-se que nos três ensaios estudados, os tratamentos que apresentaram menores tensões ou depleções, possuíram, por conseguinte, um maior teor de umidade no solo, proporcionando, de maneira geral, resultados significativos quando

comparados com os tratamentos que dispusera de menor quantidade de água aplicada. Santos e Carlesso (1998) relatam que em plantas que sofrem déficit hídrico os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados e as plantas necessitam adaptar-se à nova situação. Segundo Mota (1983) a recuperação completa da fotossíntese é lenta quando a planta chega próximo ao ponto de murcha permanente, variando com a espécie vegetal, com o tipo de solo e com o método de aplicação da água de irrigação. Com isso, ressalta-se que há um maior gasto energético em plantas com menor oferta de lâmina de água, pois este será usado em maior proporção para seu suprimento.

Tabela 18 - Comparação dos contrastes entre métodos (Depleção v.s. Tensão) referente ao número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens por planta (COMPV, cm), peso de vagens por planta (PVP, g), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV, g), peso de 100 grãos (P100G, g) e produtividade (PG, g planta⁻¹). Ensaio textura média. Botucatu, São Paulo. 2013

Componentes de Produção	Métodos ¹	
	Depleção	Tensão
NVP	3,49 A	3,25 A
COMPV	9,32 A	9,54 A
PVP	4,37 A	4,39 A
NGV	4,04 B	4,49 A
PGV	1,13 A	1,16 A
P100G	23,27 B	25,77 A
PG	7,75 B	9,06 A

¹Médias na horizontal seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste “F” ao nível de 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÃO

Para o solo de textura arenosa não foram observadas diferenças significativas entre os métodos de irrigação.

No solo argiloso os melhores resultados foram obtidos com a utilização do método da depleção.

Na textura média o método de tensão apresentou resultados mais significativos.

As frações de – 30 kPa e – 40 kPa, exerceram efeitos positivos sobre a produtividade de grãos do feijoeiro em solos de textura arenosa.

As frações de – 30 kPa, exerceram efeitos positivos sobre a produtividade de grãos do feijoeiro em solos de texturas média e argilosa.

As frações de 30% AD e 40% AD, exerceram efeitos positivos sobre a produtividade de grãos do feijoeiro em solos de texturas arenosa, média e argilosa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA–GALLEGOS, J.A.; ADAMS, M.W. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar under drought stress. **Journal of Agricultural Science**, v.117, p.213–219, 1991.

ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; SHIBATA, J.K. Effects of water stress on growth and yield of indeterminate dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Field Crop Research**, v.20, p.81-93, 1989.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M. Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais: estabelecimento da cultura. Santo Antônio do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002 (Circular Técnica 56).

AZEVEDO, H. J. **Efeito de diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1984. 85 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1984.

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da. Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001).

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. da. Operação e manejo dos sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, E.L. A irrigação e drenagem

na empresa agrícola. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: EMBRAPA Algodão, p. 173–204, 2004

CALVACHE, A.M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E.; BACCHI, O.O.S.; Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, Sept. 1997. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390161997000200019&lng=en&nrm=iso>. Access on 02 Apr. 2013.

CALVACHE, M.; REICHARDT, K. Water deficit imposed by partial irrigation at different growth stages for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: **Iaea Tecdoc 888, Nuclear Techniques To Assess Irrigation Schedules For Field Crop**. 1996, p.63–72.

CARVALHO, A. M. et al. Influência da fertirrigação no rendimento de grãos e componentes de produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Carioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 16, n. 4, p. 503-511. 1992.

CARVALHO, D.F.; PRUSKI, F.F.; CAIXETA, T.J. Desempenho econômico do cultivo do feijão em condições de irrigação adequada e deficiente. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 45, n. 257, p.5–11, 1998.

CARVALHO, J.A.; PEREIRA, G.M.; ANDRADE, M.J.B.; ROQUE, M.W. 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.

CHIEPPE JUNIOR, J. B. **Métodos de controle da irrigação na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob três tensões de água do solo**. 1998. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia) –Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F.; COIMBRA, S.M.M.; MARCHIORO, V.S. Análise de trilha I: Análise do rendimento de grãos e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.2, p.213–218, 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção de feijão. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#_objcmsconteudos>. Acesso em: 01 abr. 2013.

COSTA, J. G. C.; In: Conhecendo a planta do feijoeiro comum. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 37–43.

COSTA, J.C.G.; ZIMMERMANN, M.J.O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, **Potafos**. 1988. p. 229–245.

COSTA, J.G.C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIN, S.M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.159–167, 1983

DIAS, G. H. M., SAAD, J.C.C.; SOUZA, D. P. de. Avaliação de critérios de manejo da irrigação de feijoeiro em solo de textura média. XXIV CIC – Congresso de Iniciação Científica da UNESP. Novembro de 2012, São Pedro – SP

DIAS, M.C.; BRÜGGEMANN, W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: gas exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. **Photosynthetica**, Frankfurt, v. 48 p. 96–102, 2010.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de água de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. v. 24. 194 p.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Informação tecnológica. Feijão: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília, DF, 2003. 203 p.

FIGUEIRÊDO, S. F.; POZZEBON, E. J.; FRIZZONE, J. A.; AZEVEDO, J. A.; GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. Gerenciamento da Irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômicos do cerrado. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 378 – 391, julho–setembro, 2008

FIGUERÊDO, S. F.; POZZEBON, E. J.; FRIZZONE, J. A.; AZEVEDO, J. A.; GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. Tensão de Água no Solo para Maiores Lucratividades do Feijoeiro Irrigado em Ambiente de Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 6 p. (Comunicado Técnico, 150).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Food Productions. 2011. Disponível em <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD> Acesso em: 01 abr. 2013.

FREITAS, Wellington A. de; CARVALHO, Jacinto de A.; BRAGA, R. A.; ANDRADE, Messias J. B. de. Manejo da irrigação utilizando sensor da umidade do solo alternativo. **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola E Ambiental**. [online]. 2012, vol. 16, n. 3, p. 268–274. ISSN 1807–1929.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação**. 1986. 133 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1986.

GARRIDO, M. A. T. **Respostas do feijoeiro às lâminas de água e adubação nitrogenada**. 1998. 205 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1998.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1229-1235, 2000.

HEDGE, D.M.; SRINIVAS, K. Plant water relations and nutrient uptake in French bean. **Irrigation Science**, v.11, p.51-56, 1990.

INSTITUTO AGRONÔMICO. Boletim Técnico 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, SP. 1996. 285p.

JARA, J.; IZQUIERDO, J. F.; MATTA, R. Respuesta fisiomorfológica y productiva de frejol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) frente al déficit hídrico. **Agrociencia**, Santiago, v. 4, p.21-26, 1988.

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 lâminar expansion. **Annals of Botany**, v.49, n.6, p.815-826, 1982.

KLEIN, V. A. Física do Solo. Ed. Universidade de Passo Fundo, 212 p. 2008.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. A faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e a sua relação com a densidade do solo ao longo de um perfil de um Latossolo roxo. **Ciência Rural**, v.30, p.959-964, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103847820000006000006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 15 fev. 2014.

LEITE, M.L.; RODRIGUES, J.D.; VIRGENS FILHO, J.S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III - Produção. **Rev. de Agricultura**. Piracicaba, v.75, n.1, p.9-20, 2000.

LIMA, G.P.B. Crescimento e produtividade do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4. 1996, Teresina. Resumos... Teresina: CNPAMN/ EMBRAPA, 1996. p.41-43.

LOUREIRO, B.T.; MACHADO, P.B.; DENÍCULI, W.; FERREIRA, P.A. Efeito de diferentes lâminas de água sobre a produtividade do feijoeiro-comum. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 37, n. 211, p.215-226, 1990.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil). Feijão. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

MILLAR, A.A., GARDNER, W.R. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. **Agronomy Journal**, v.64, p.559-62, 1972.

MIORINE, T. J. J. **Produtividade do feijoeiro sob supressão de irrigação em diferentes fases fenológicas**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) –Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

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

MONTEIRO, P. F. C; FILHO, R. A; MONTEIRO, R. O. C. Efeitos da Irrigação e da Adubação Nitrogenada Sobre as Variáveis Agrônomicas da Cultura do Feijão. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 386–400, outubro-dezembro, 2010.

MORAIS, N. B. de; BEZERRA, F. M. L.; MEDEIROS, J. F. de; CHAVES, S. W. P. Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p.369–377, jul–set, 2008.

MOREIRA, Guilherme B. L. et al. Desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 17, n. 8, Agosto. 2013.

MOTA, F.S. Meteorologia agrícola, 7. ed. São Paulo: Nobel, 1983.

NESI, C. N.; GARCIA, A. A. F. Decomposição ortogonal de graus de liberdade de tratamentos utilizando variáveis auxiliares e proc glm do sas. Campinas – S.P. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1. p. 157–167. 2005.

NOGUEIRA, M. C. S. Experimentação agrônômica I: conceitos, planejamento e análise estatística. Piracicaba: M. C. S. Nogueira, 2007. 479p.

PAZZETTI, G.A.; OLIVA, M.A.; LOPES, N.F. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro: (crescimento e produtividade). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p.1371–1377, 1993.

PORTES, T. A.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P.; In: Aspectos fenológicos do feijoeiro comum como ferramenta para tomada de decisões fitotécnicas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 47–63.

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

PROGRAMA GENES. Aplicativo computacional em genética e estatística experimental. Viçosa, MG: UFV, 2013. Disponível em www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm. Acesso em: 22 nov. 2013.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicação. Barueri: Manole, 2004. 478p.

ROSTON, A.J.; BULISANI, E.A. Feijão. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. 1988. 16p. (Instrução Prática, n. 219).

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante. São Paulo: IPT, 1992. 27 p.

SANTANA, M. J.; SILVEIRA¹, A. L.; CAMARGOS, C. R.; BRAGA, J. C. Tensão de água no solo e doses de nitrogênio para a cultura do Feijoeiro comum. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 518-532, outubro-dezembro, 2009

SANTANA, M.J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão da irrigação**. 2007. 102 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J.; BORÉM, A. Feijão. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. p. 41–65.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287–294, 1998

SAS INSTITUTE Inc., SAS/STAT: users guide, version 8.1, Cary 2000, v–1, 943p.

SEBANEK, J. Plant Physiology. Amsterdam. Ed. Elsevier Science & Technology, 454 p. 1992.

SHOUSE, P.; DASBERG, S.; JURY, W. A.; STOLZY, L. W. Water deficit effects on water potential, yield, and water use of cowpeas. **Agronomy Journal**, Madison, v.37, p.333–336, 1981.

SILVA, M. de L. O. e; FARIA, M. A de; REIS, R. P.; SANTANA, M. J. de; MATTIOLI, W. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 200–205, 2007.

SILVA, O.F., FARIA, L.C., MELO, L.C., DEL PELOSO, M.J. Sistemas e custos de produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes épocas e regiões de cultivo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 40p.

SILVA, S. C.; STEINMETZ, S. Clima. Santo Antônio de Goiás. Agência de informação EMBRAPA Feijão, 2005. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4AG01/arvoreAG01203112002151101.htm>>. Acesso em: out. 2013.

SILVEIRA, P. M de; STONE, L. F. Irrigação do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 230 p. 2011.

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

SILVEIRA, P.M da; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; KLUTHCOUSKI, J. Avaliação de cultivares de feijão para resistência à seca baseada em dias de estresse de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.5, p.693-699, set./out. 1981.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L. F. Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Goiânia: EMBRAPA, p. 46 1994. (Circular Técnico, 27).

SINGH, S. P. Selection for water–stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.118–124, 1995.

STANSELL, J.R.; SMITTLE, D.A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of Snap Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, n.6, p.869-873, 1980.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, S. C. da. Efeitos da tensão de água no solo sobre produtividade e crescimento do feijoeiro e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.161–167, 1988.

SUMMERFIELD, D. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E. H.; WIEN, H. C. The Physiology of cowpea. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Eds.). **Cowpea research**, production and utilization. Chischester: John Wiley, 1985. p. 66–101.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 2002. 45 p

WEAVER, M.L.; Ng, H.; BURKE, D.W.; SILBERNAGEL, N.J.; FOSTER, K.; TIMM, H. Effect of soil moisture tension on pos retention and seed yield of bean. **Horticultural Science**, v.19, p.567–572, 1984.

ZIMMERMANN, F. J. P. Estatística aplicada à pesquisa agrícola. Santo Antônio de Goiás – GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402p.