

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DIEGO MENESES MESSIAS

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM DIFERENTES ESTÁGIOS FENOLÓGICOS
NA CULTURA DO FEIJÃO-FAVA**

RIO LARGO-AL
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DIEGO MENESES MESSIAS

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM DIFERENTES ESTÁGIOS FENOLÓGICOS
NA CULTURA DO FEIJÃO-FAVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientação: Prof^ª. Dra. Lígia Sampaio Reis.

RIO LARGO-AL
2019

Catologação na fonte Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias

Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana

M585e Messias, Diego Meneses.

Eficência do uso da água em diferentes estagios fenológicos na cultura do feijão -fava. / Diego Meneses Messias. – 2019. 28 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Lígia Sampaio Reis.

Inclui bibliografia

1. *Phaseolus lunatus* L. 2. Leguminosa. 3. Sequeiro.

I. Título

CDU: 635.652

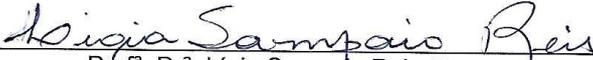
FOLHA DE APROVAÇÃO

DIEGO MENESES MESSIAS

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM DIFERNTES ESTÁGIOS FENOLÓGICOS NA
CULTURA DO FEIJÃO-FAVA**

Trabalho de Conclusão de
Curso, apresentado à
Coordenação do Curso de
Graduação em Agronomia,
da Universidade Federal de
Alagoas, para obtenção do
Título de Engenheiro
Agrônomo e aprovado dia
09 de Julho de 2019.

Banca Examinadora:



Prof^ª. Dr^ª. Lígia Sampaio Reis (Orientador)



Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes



Mestranda Camila Alexandre Cavalcante de Almeida

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mãe, Maria do Valimento Meneses e ao meu pai Amarílio José Sacramento Messias por estarem sempre ao meu lado, pelos valores ensinados e pelo incentivo dado em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre me guardar e me proteger em todas as situações, mesmo aquelas nas quais eu não percebo sua presença, e por ter me acompanhado todo este tempo.

Aos meus pais, Amarílio José Sacramento Messias e Maria do Valimento Meneses pela dedicação em todos os momentos da minha vida, pelo amor e apoio incondicional nesses anos de graduação, afinal meu sonho também se tornou o deles.

A minha namorada Anniely Almeida Castro, que se fez presente em todos os momentos de dificuldade e de felicidade ao longo do percurso. Obrigado sempre pelo apoio e incentivo.

A professora Doutora Lígia Sampaio Reis, pelos conhecimentos à mim repassados, pela sua atenção e ótima orientação, entendendo minhas limitações e potencialidades. Agradeço por sua paciência e confiança em mim depositada.

A todos/as os/as professores/as do curso de Agronomia pela transmissão de conhecimentos, pelos ensinamentos para a minha vida pessoal e profissional.

Sou grato e honrado pelos/as professores/as que tive, pela certeza da preciosa contribuição desses/as profissionais em minha formação.

Agradeço a Universidade Federal de Alagoas e ao Centro de Ciências Agrárias-CECA, que me proporcionou um ambiente acadêmico enriquecedor me dando a oportunidade de conviver com pessoas de outras culturas.

SUMÁRIO

RESUMO	08
1 INTRODUÇÃO	09
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 A fava	10
2.2 Déficit hídrico e Eficiência do uso da água	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
4.1 Análise estatística	15
4.2 Número de folhas(nf)	16
4.3 Área foliar(af)	17
4.4 Número de vagens(nv)	18
4.5 Número de grãos(ng).....	19
4.6 Massa fresca e massa seca da parte aérea (mfpa e mspa).....	20
4.7 Eficiência do uso da água(eua)	21
5 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Peso do solo antes da saturação	13
Figura 2. Peso do solo após saturação	13
Figura 3. Número de folhas de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.....	17
Figura 4. Área foliar de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.....	18
Figura 5. Número de vagens de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.....	19
Figura 6. Número de Grãos de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.....	20
Figura 7. Massa Fresca da parte aérea	21
Figura 8. Massa Seca da parte aérea.....	21

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Caracterização química do solo usado no experimento, CECA-UFAL,2019..... **12**
- Tabela 2.** Resumo da Análise de variância para as variáveis: número de folhas, altura da planta, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea **15**
- Tabela 3.** Medias dos componentes de produção da cultura de feijão-fava, em função do déficit hídrico **16**
- Tabela 4.** Teste de médias dos dados relativos às variáveis: Número de folhas (NF), Área foliar (AF), Número de vagens (NV), Número de grãos (NG), Massa fresca da parte aérea (MFPA) e Massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de feijão- fava, em função do déficit hídrico **16**

RESUMO

O feijão-fava, *Phaseolus lunatus L.*, é a segunda leguminosa de maior importância do gênero, e devido ao conteúdo proteico, utilizado em pratos, nas mais diferentes culinárias. Destaca-se como uma das culturas da região Nordeste do Brasil, cultivado em regime de sequeiro, com pouco uso de tecnologias, por agricultores familiares, resultando em baixos índices de produtividade. Apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, pesquisas têm mostrado que a ocorrência de déficit hídrico no feijão-fava, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, pode provocar severas reduções na produtividade. A eficiência do uso da água fornece um modo simples de avaliar se a produção está sendo limitada pelo suprimento de água ou por outros fatores. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso da água pela cultura sob influência do estresse hídrico nos diferentes estágios fenológicos de duas variedades de feijão-fava (*Phaseolus lunatus L.*). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 4, os tratamentos consistiram da combinação de indução do estresse hídrico, sendo estes: (T₁) sem estresse hídrico; (T₂) estresse hídrico na fase de desenvolvimento vegetativo; (T₃) estresse hídrico na fase reprodutiva; (T₄) estresse hídrico na fase de maturação; com 4 repetições. A cultura foi mais sensível ao estresse hídrico na fase reprodutiva, apresentando uma eficiência de uso da água de 1,45g L⁻¹.

Palavras chaves: *Phaseolus lunatus L.*; Leguminosa; Sequeiro.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-fava, *Phaseolus lunatus L.*, é a segunda leguminosa de maior importância do gênero *Phaseolus* e, devido ao conteúdo protéico, é usado como fonte alternativa de alimento e renda pela população (SANTOS et al., 2009). É produzido e consumido em diversas partes do mundo, é uma cultura extremamente adaptada ao clima semiárido, possui forte expansão em algumas regiões do Brasil, especialmente na região Nordeste, onde é plantado por pequenos e médios produtores em regime de sequeiro, com pouco uso de tecnologias (MELO, 2009).

Mediante a variabilidade climática encontrada, esta espécie possui grande capacidade de adaptação a diversas condições climatológicas (SOTO et al., 2005), trata-se de uma cultura bastante tolerante à seca (VIEIRA, 1992). Entretanto, quando submetida a sistemas irrigados, responde com significativo aumento na produção (MELO, 2009). Além de constituir um alimento rico em proteína vegetal, podendo diminuir a dependência quase que exclusiva dos feijões dos grupos *Phaseolus* e *Vigna* (LOPES et al., 2010), é cultivada em quase todo o território nacional, atingindo relativa importância econômica apenas em alguns estados (SANTOS et al., 2002). A eficiência do uso da água pela cultura em relação ao rendimento obtido é um parâmetro de grande importância, sobretudo em locais onde a atividade de produção é diretamente determinada pela prática da irrigação, refletindo na rentabilidade e na eficiência da produção (CHIEPPE et al., 2008). Nesse aspecto, a eficiência do uso da água fornece um modo simples de avaliar se a produção está sendo limitada pelo suprimento de água ou por outros fatores (ANGUS; HERWAARDEN, 2001).

Estimando de maneira precisa as necessidades hídricas da cultura, de forma que não ocorra déficit ou excesso, assim como o momento mais adequado para proceder à irrigação, visando, desta forma, maximizar a eficiência do uso da água (BILIBIO et al., 2010). Visto que a água é essencial para o incremento da produção das culturas, por isso o seu uso deve ser feito de forma adequada para que se obtenha produções satisfatórias e altos rendimentos, isso exige o conhecimento sobre o crescimento das culturas e seu rendimento em diferentes condições (ARAGÃO et al., 2012). O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso da água pela cultura sob influência do estresse hídrico nos diferentes estágios fenológicos de duas variedades de feijão-fava.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A fava

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus L.*) é originário da região central da Mesoamérica e é produzido atualmente em muitos países dos continentes europeu, americano, africano e asiático. É conhecido popularmente como fava, feijão-de-lima, fava-lima ou fava rajada (BARBOSA et al., 2018). Para produzir satisfatoriamente, a cultura requer solos do tipo areno-argilosos, férteis, profundos, de boa drenagem e com pH próximo à neutralidade (REDDEN, 1998). Apresenta ampla adaptabilidade, com boa tolerância à seca e ao excesso de umidade e calor (LYMAN, 1985), porém comporta-se melhor nos trópicos úmidos e quentes (MAQUET et al., 1999).

Desenvolve-se melhor numa faixa de temperatura de 15 a 30 °C, enquanto que, a precipitação pluviométrica mensal exigida fica numa faixa compreendida entre 100 a 150 mm, sendo a distribuição uniforme da chuva ao longo do ciclo muito importante (RUFINO et al., 2008).

Quanto ao hábito de crescimento têm-se cultivares do tipo indeterminado e determinado (SANTOS et al., 2002). As cultivares de crescimento indeterminado são as mais utilizadas pelos produtores (OLIVEIRA et al., 2004) tendo em vista que o desenvolvimento vegetativo prossegue ao longo do ciclo, com a emissão de novos nós e florações e, conseqüentemente tem seu potencial produtivo maior que as de hábito determinado (OLIVEIRA et al., 2011).

Suas folhas apresentam tonalidades mais escuras que outras espécies do mesmo gênero, mesmo depois do amadurecimento das vagens (ZIMMERMANN; TEIXEIRA, 1996; SANTOS et al., 2002). Apresenta caule herbáceo e o seu sistema radicular é semelhante ao de outras espécies do gênero *Phaseolus*, sistema este que é composto por uma raiz principal de onde saem as raízes secundárias, terciárias e outras ramificações (VIEIRA et al., 1996). Segundo Vieira (1996) suas raízes possuem superior desenvolvimento em relação ao feijão comum e tendem a ser mais tuberosas.

As vagens são achatadas, curvas, coriáceas, pontiagudas, de coloração bege quando secas, contendo de 2 a 4 sementes, podendo ser deiscentes (YAGUIU et al., 2003). Suas sementes são romboides, redondas ou em forma de rins, com tegumento nas cores preto, vermelho, verde, amarelo, marrom, púrpuro, cinza, róseo, branco, manchado e sarapintado. O peso médio para 100 sementes pode variar de 30 a 300 gramas entre diferentes variedades

(VIEIRA, 1992). Apresenta elevada concentração de proteína bruta, baixo teor de gordura, grande quantidade de carboidratos e quantidades significativas de minerais como o fósforo, o magnésio, o cálcio, o ferro, dentre outros (JUNQUEIRA et al., 2010).

Geralmente é plantado em pequenas propriedades consorciado com milho, mandioca ou mamona; tecnologias rudimentares de produção são utilizadas, com uso de sementes produzidas pelo agricultor, e ausência de estratégias modernas de adubação (AZEVEDO et al., 2003). O plantio é feito por meio de semeadura direta, em covas com espaçamento de 1,00 m x 0,50 m, realizando-se um desbaste quinze dias após a emergência, deixando-se duas plantas por cova (FILGUEIRA, 2000).

Apresenta capacidade de adaptação superior ao feijão-comum sendo cultivada em várias regiões do Brasil (SANTOS et al., 2002). Entretanto sua produção se concentra na região Nordeste, que é responsável por 92,44 % da produção nacional (IBGE, 2017).

2.2 Déficit hídrico e Eficiência do uso da água (eua)

A sensibilidade do feijão-fava ao déficit hídrico no solo e as incertezas climáticas, principalmente as relacionadas às variações pluviométricas entre anos e locais de cultivo determinam esses baixos índices de rendimento e oscilação da produção anual desta cultura. Visivelmente, como ocorre a outras espécies botânicas, o déficit hídrico pode afetar o desenvolvimento da cultura, principalmente quando se dá em mais de uma fase do desenvolvimento da planta (OLIVEIRA et al., 2014).

Na região Nordeste do Brasil, as culturas são cultivadas principalmente em regime dependente de chuvas. Assim, estão sujeitas a períodos de deficiência hídrica, devido à irregularidade da precipitação pluvial e ao manejo inadequado, que geralmente resultam em reduções expressivas da produção de biomassa e em baixas produtividades. Sob condições de estresse, as respostas fisiológicas das plantas são modificadas, dependendo da duração, severidade e da fase fenológica de ocorrência (MOURA et al., 2006).

A utilização de indicadores da eficiência do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (LIU; STUZEL, 2004; PUPPALA et al., 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do laboratório de irrigação e drenagem do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, na cidade de Rio Largo – AL situado no situado no campus Delza Gitaí (latitude 09°28'02'' S, longitude 35°49'43'' W, altitude 133 m).

Antes do plantio, foi realizada a análise química do solo no Laboratório da Central Analítica LTDA, conforme mostra a Tabela 1. Para correção da acidez do solo foi utilizado o calcário agrícola FILLER, com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 90%, mediante a aplicação de 60 g de CaCO₃ por vaso, visando elevar a saturação por bases de 24,1 para 80% valor recomendado pelo Instituto Agrônomo Campinas (IAC) para a cultura do feijão- fava.

A adubação de plantio foi realizada nos vasos, utilizando-se insumos simples de forma a aplicar 68 kg/ha de ureia e 110 kg/ha de superfosfato simples, conforme a análise de solo.

Tabela 1. Caracterização química do solo usado no experimento, CECA- UFAL,2018.

pH	Na	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B.	T	CTC
	ppm	ppm	ppm	meq/100ml							
5,1	36	38	103	1,9	1,0	0,9	0,41	7,3	2,3	2,73	9,62
V	m	Na /CTC	K/ CTC	M.O.	Fe	Cu	Zn	Mn			
%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm			
15,	24,1	0	1,6	2,7	3,21	383,40	1,03	2,11	10,38		

O plantio foi realizado no dia 10 de janeiro de 2019, onde foram utilizadas duas variedades de feijão fava, Olho de velho (variedade 1) e Manteiga (variedade 2), obtidas do banco de germoplasma da Universidade Federal de Pernambuco. As Sementes foram semeadas em vasos, a uma profundidade de aproximadamente 3 - 4 centímetros, com 30 cm de diâmetro por 26 cm de altura, contendo 9,0 litros de solo com 3 sementes por vaso (Figura 1), efetuado o desbaste com 10 dias após o plantio, deixando apenas duas plantas por vaso.

Figura 1. Peso do solo antes da saturação.



O início do experimento caracterizou-se por elevar os vasos à capacidade de campo; para isto, saturaram-se os vasos com água, envolvendo-os individualmente com plástico, de forma a forçar a perda de água apenas por drenagem (GERVÁSIO, 2000). Cessada a drenagem (aproximadamente três dias) retiraram-se os plásticos, e logo após os vasos foram pesados em balança digital, obtendo-se, assim, o peso-controle, correspondente à capacidade de campo (Figura 2). A cada quinze dias corrigiu-se o peso-controle (acréscimo de 100 g) para compensar o desenvolvimento da planta. As lâminas de água aplicadas nas parcelas em déficit corresponderam à metade da lâmina média aplicada no tratamento sem déficit.

Figura 2. Peso controle dos solos após saturação.



Até o décimo nono dia, todas as parcelas foram irrigadas para proporcionar o desenvolvimento inicial da planta. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente conforme a necessidade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 com quatro repetições cujos tratamentos foram: (T₁) sem estresse hídrico. (T₂) Estresse hídrico na fase de desenvolvimento vegetativo; (T₃) estresse hídrico na fase Reprodutiva; (T₄) estresse hídrico na fase de maturação

Foram avaliados os seguintes índices de crescimentos: Número de folhas (NF), Número de grãos (NG), Número de vagens (NV), área foliar (AF, cm²), massa seca da parte aérea (MSPA-g) e massa fresca da parte aérea (MFPA, g). Para obtenção da matéria fresca da parte aérea as plantas foram pesadas em balança digital. Após a pesagem foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C constante, durante 72 horas. Após este período, as amostras foram pesadas para a determinação da massa seca. O comprimento do ramo principal foi determinado a partir de uma fita métrica expressa em metros. A área foliar foi determinada usando o método das dimensões lineares, proposto por Oliveira (1977), Segundo o qual, a área foliar, em plantas do feijoeiro, pode ser estimada pela multiplicação das medidas do comprimento e da largura dos folíolos multiplicado por um fator de correção equação:

$$AF= K(C*L) \quad (1)$$

Sendo: K=0,703 (fator de correção);

C= Comprimento do folíolo;

L= largura máxima do folíolo.

A eficiência do uso da água (g L⁻¹) para a produtividade de grãos foi obtida pela relação entre a produção de grãos e a lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura Equação 2.

$$EUA= P/ I \quad (2)$$

Em que: EUA - Eficiência do uso da água, g L⁻¹ ;

P - Produção de grãos, g;

I - Lâmina de água aplicada pela irrigação, L

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise estatística

A partir da análise de variância, verifica-se que não houve efeito significativo para a interação entre os fatores variedades e estresse hídrico em todos os componentes de produção da cultura do feijão-fava (Tabela 2).

Para a fonte de variação variedades houve diferença significativa a nível de 1 e 5 % de probabilidade para a área foliar e massa fresca da parte aérea da planta, respectivamente. Observa-se ainda que houve diferença significativa a nível de 1 % de probabilidade para os estresses hídricos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da Análise de variância para as variáveis: número de folhas, altura da planta, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea.

FONTES DE VARIACÃO	GL	QM						
		NF	AF	NV	NG	MFPA	MSPA	EUA
Variedades (I)	1	185,28ns	1006780,50**	84,50ns	69,03ns	1816,23*	4,50ns	0,0957
Estresses (II)	3	1005,19**	564889,70**	235,70**	906,28**	18597,95**	817,33**	1,27642
Interação (I x II)	3	35,11ns	161273,08ns	44,58ns	209,53ns	56,51ns	12,83ns	0,3977
Tratamentos	7	472,31ns	455038,41**	132,196**	488,06*	8254,23**	356,42**	2,1433
Resíduo	24	209,57	93053,41	23,77	157,53	326,50	59,12	-
Total	31	-	-	-	-	-	-	-
C.V.%	-	17,76	24,11	31,33	36,22	8,17	15,85	28,9

*, **-Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

As comparações das médias dos dados relativos às variáveis: Número de folhas (NF), Área foliar (AF), Número de vagens (NV), Número de grãos (NG), Massa fresca da parte aérea (MFPA) e Massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de feijão-fava, em função do déficit hídrico, encontram-se na Tabela 3.

Verifica-se que a variedade 1 não diferiu da variedade 2 nas variáveis número de folhas, número de vagens, número de grãos e na massa seca da parte aérea. Diferindo apenas na área foliar e na massa fresca da parte aérea.

Tabela 3. Médias dos componentes de produção da cultura de feijão-fava, em função do déficit hídrico.

VARIETADES	NF	AF	NV	NG	MFPA	MSPA
VAR1	83,93 a	1442,56 a	13,93 a	33,18 a	228,66 a	48,12 a
VAR2	79,12 a	1087,81 b	17,18 a	36,12 a	213,59 b	48,87 a

*, **-Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos componentes Número de folhas (NF), Área foliar (AF), Número de vagens (NV), Número de grãos (NG), Massa fresca da parte aérea (MFPA) e Massa seca da parte aérea (MSPA), Como demonstra a Tabela 4 o tratamento que esteve sobre déficit hídrico na fase reprodutiva da cultura diferiu dos demais tratamentos (T1, T2 e T4), apresentando redução em todos os parâmetros.

Comparando o tratamento que esteve sob irrigação plena com tratamento sob estresse hídrico na fase reprodutiva, houveram reduções mais impactantes nas variáveis área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA).

Tabela 4. Teste de médias dos dados relativos às variáveis: Número de folhas (NF), Área foliar (AF), Número de vagens (NV), Número de grãos (NG), Massa fresca da parte aérea (MFPA) e Massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de feijão-fava, em função do déficit hídrico.

Trat.	Déficit Hídrico	NF	AF	NV	NG	MFPA	MSPA	EUA
T1	Irrigação plena	89,00 a	1495,25 a	18,25 a	42,75 a	253,12 a	52,00 a	1,707 ab
T2	F. Vegetativo	87,00 a	1372,12 a	15,87 a	37,87 a	250,97 a	53,00 a	2,395 a
T3	F. Reprodutiva	64,88 b	883,75 b	7,87 b	19,00 b	150,53 b	33,50 b	1,450 b
T4	F. Maturação	85,25 a	1309,62 a	20,25 a	39,00 a	229,87 a	55,50 a	1,808 ab

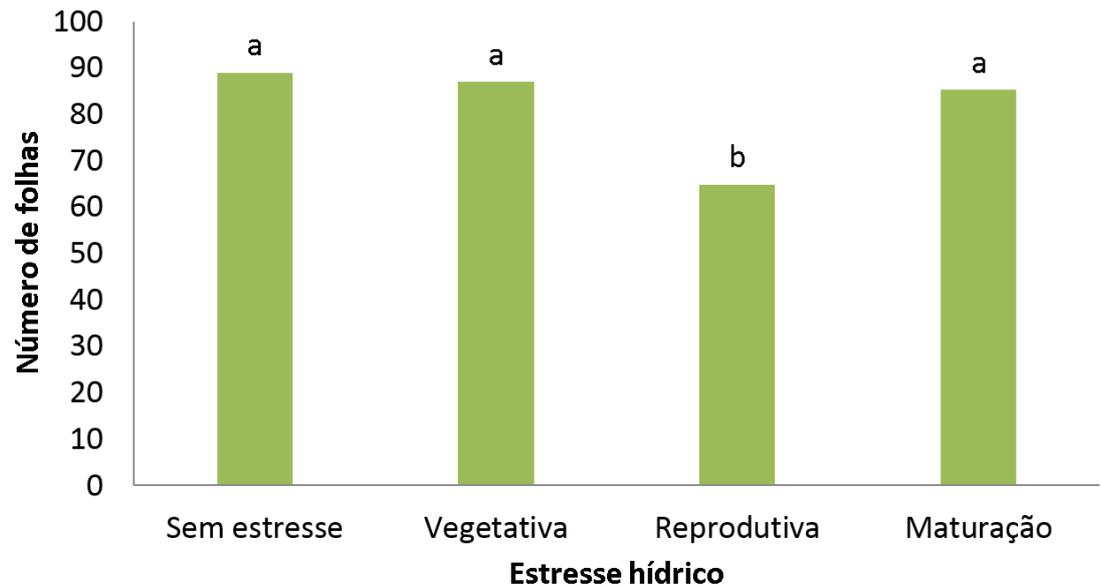
Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

4.2 Número de folhas.

Observa-se que o número de folhas não foi afetado no tratamento com déficit hídrico na fase reprodutiva, apresentando 64,88 folhas (Figura 3). No entanto, no tratamento com déficit na fase de desenvolvimento vegetativo apresentou 87 folhas, mostrando que as plantas de feijão-fava conseguiram emitir novas folhas após o déficit hídrico. Isso pode ser explicado

porque quando a planta passa por déficit hídrico e em seguida ocorre uma reidratação, recuperando-se do estresse, o que indica que a planta catalisou a transferência de elétrons para H_2O_2 formando $2H_2O$, mantendo assim a integridade da membrana (ZOZ et al., 2013).

Figura 3. Número de folhas de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.

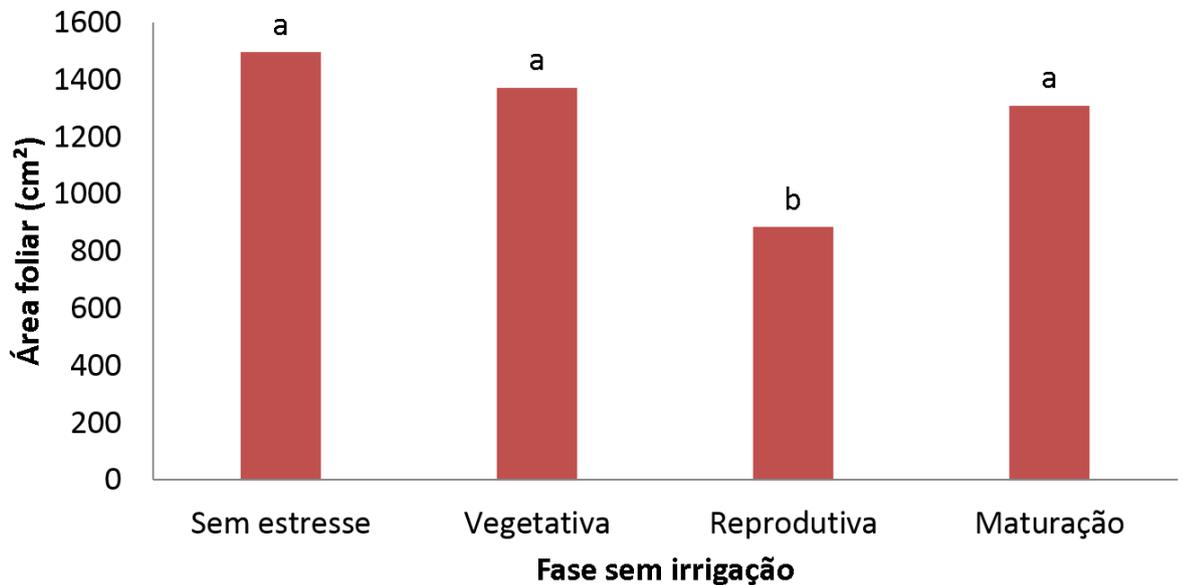


4.3 Área foliar.

Houve redução significativa para o componente área foliar do tratamento que sofreu déficit na fase de floração equivalente a 40,89% em relação ao tratamento com irrigação plena durante todo o ciclo da cultura, conforme Figura 4. Verifica-se ainda que o tratamento que sofreu estresse na fase de desenvolvimento vegetativo ($1372,12 \text{ cm}^2$) e maturação ($1309,62 \text{ cm}^2$) não diferiram estatisticamente do tratamento que não sofreu estresse ($1495,25 \text{ cm}^2$).

A redução da área foliar em plantas sob déficit hídrico pode se traduzir numa estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração (CORREIA; NOGUEIRA, 2004). Para vários autores, entres os quais está Osakabe et al. (2013), quando as plantas são submetidas a restrições hídricas reduzem a turgescência e a expansão celular, o que ocasiona redução no alongamento do caule e na expansão foliar.

Figura 4. Área foliar de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.

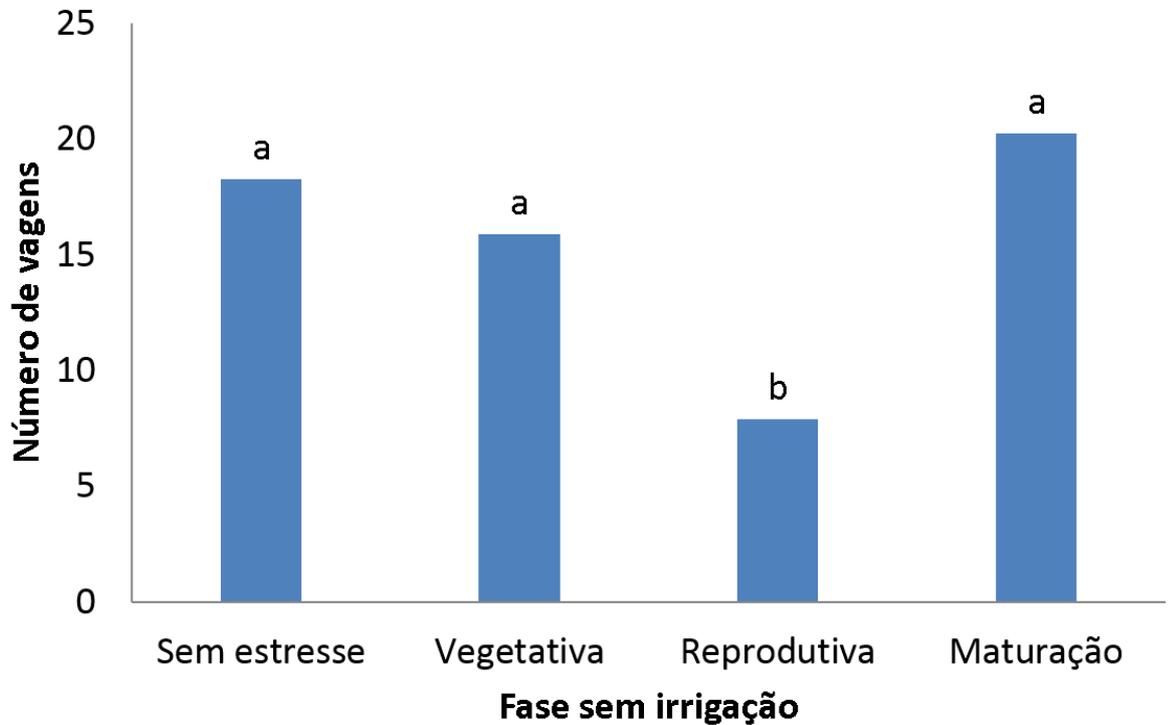


Tal redução constitui um mecanismo morfológico de defesa, pois a redução da interface entre a planta e a atmosfera reduz a transpiração, o que é positivo, porém também reduz a assimilação fotossintética, o que é negativo para a produção. Com área foliar menor, há diminuição na transpiração, conservando água no solo por período mais longo (ANJUM et al., 2011).

4.4 Número de vagens

O componente Número de vagens foi afetado pelo déficit hídrico na fase reprodutiva, apresentando 7,17 vagens (Figura 5). A produtividade é mais afetada quando o estresse hídrico ocorre de 5 a 10 dias antes da antese, podendo haver uma diminuição superior a 50% no rendimento (NORMAN et al., 1995). Para Fageria et al., (1991), a fase da planta mais sensível à deficiência de água é a reprodutiva, sendo altamente vulnerável desde o início da floração até o início da formação das vagens. Por sua vez, Lima. (2004), ao avaliar o efeito da variação dos níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e a produção de feijão caupi, também observaram que o número de vagens por planta diminuiu com o aumento da restrição hídrica.

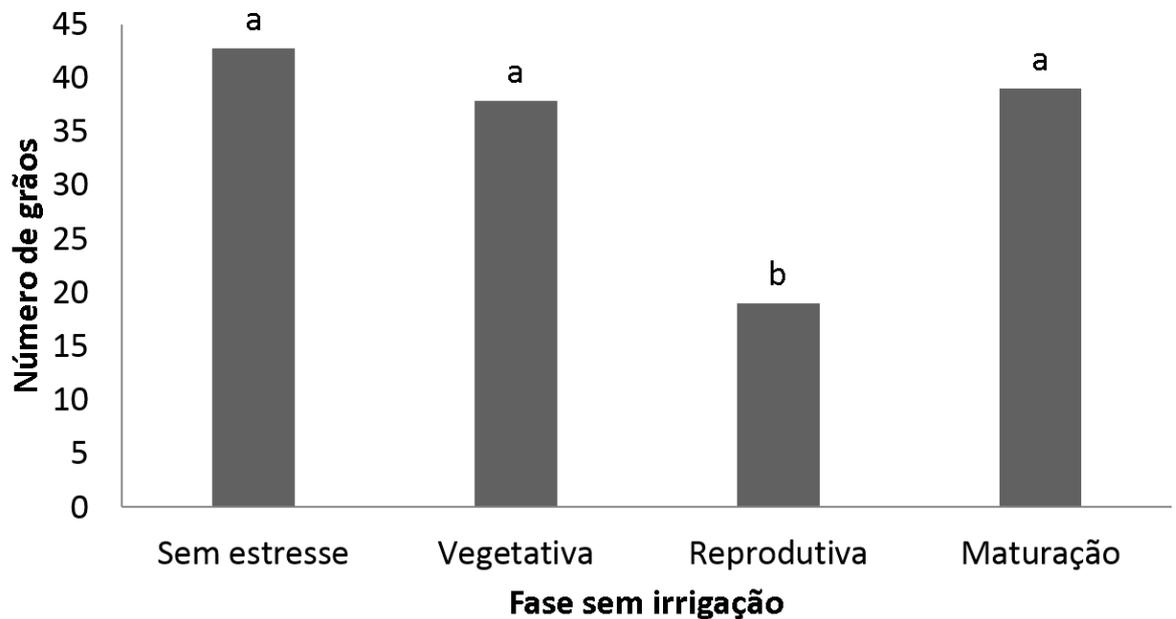
Figura 5. Número de vagens de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.



4.5 Número de grãos

Número de grãos foram afetados pelo déficit hídrico na fase reprodutiva, apresentando 19 grãos por planta (Figura 6). Mostrando que a falta de água na fase reprodutiva influi notadamente no número grãos por plantas, tendo em vista que um nível adequado de água no solo induz uma ótima floração e enchimento de grãos. De acordo com Leite et al. (2000) este comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos de resistência à seca, utilizado pela cultura, no sentido de buscar melhores condições para superar o déficit hídrico, produzindo menor quantidade de folhas, vagens e conseqüentemente no número de grãos. De acordo com Sousa et al. (2009), o efeito do estresse hídrico causa reduções nos componentes de produção e é mais severo quando ocorre nas fases de floração e frutificação, ou seja, na fase reprodutiva, corroborando com os resultados do presente trabalho.

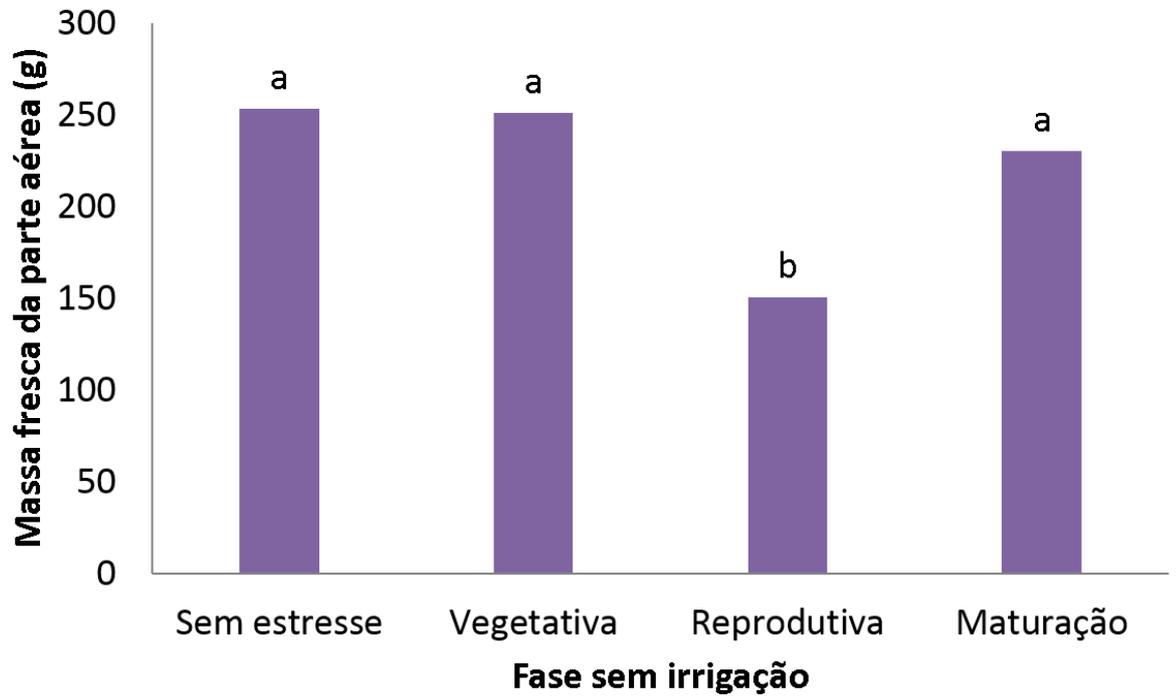
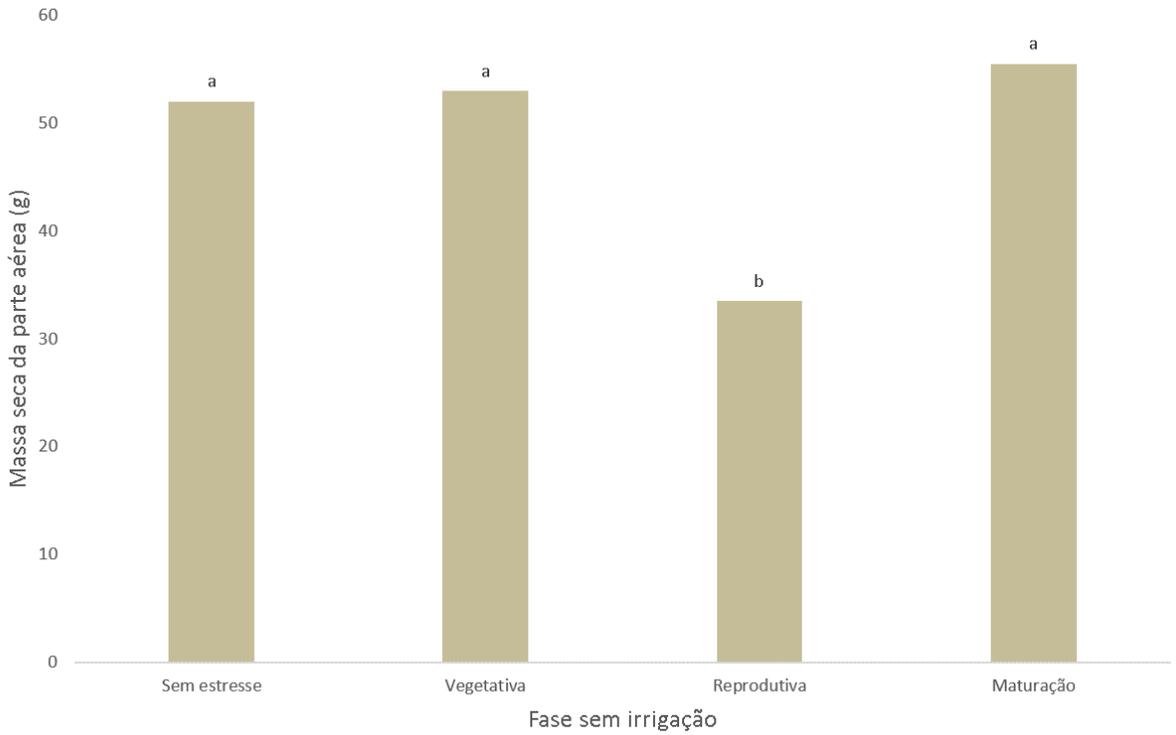
Figura 6. Número de Grãos de feijão-fava com déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.



4.6 Massa fresca e massa seca da parte aérea.

Conforme a Figura 7 em relação à MFPA e MSPA (Figura 8), mostrando que o déficit hídrico na fase reprodutiva da cultura diferiu dos demais tratamentos (T1, T2 e T4), apresentando redução na MFPA e MSPA equivalente a 40,64 e 35,57% quando comparado ao tratamento com irrigação plena. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), melhor forma de se avaliar o crescimento de uma planta é a massa seca, pois a massa úmida é um parâmetro muito sensível às oscilações hídricas, uma vez que a maior parte dos vegetais é formada por água, importante para o fornecimento de hidrogênio responsável pela produção de matéria orgânica.

O teor de massa seca da parte aérea pode ser considerado um indicador de produtividade, pois com o estresse hídrico, a planta fecha os estômatos para manter o potencial de água na folha, assim reduz a assimilação de CO₂ e, por conseguinte os fotoassimilados, e dessa forma os teores de massa seca da planta, bem como o crescimento e a produtividade podem ser reduzidos (OLIVEIRA et al., 2005).

Figura 7. Massa Fresca da parte aérea.**Figura 8.** Massa seca da parte aérea.

4.7 Eficiência do uso da água (eua).

Para a variável eficiência do uso da água os maiores valores observados no experimento foi no tratamento que sofreu estresse hídrico na fase vegetativa de 2,39g/L, que apresentou uma média de 757,6 kg ha⁻¹ mm⁻¹.

Nas fases reprodutiva e maturação a EUA foi de 1,45g/L e 1,808g/L respectivamente, tendo uma produção de 380,1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para fase reprodutiva quando sofreu estresse hídrico e 780 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para fase de maturação. Nas fases, Segundo Brito et al. (2016) avaliando a condução do feijoeiro com e sem restrição hídrica, observou se que nos tratamentos sem restrição hídrica o valor de 0,50 kg m⁻³ para EUA, aplicando 376,4 mm de lâmina total. Em trabalho realizado por Pacheco et al. (2016) foi relatado que a EUA é um dos essenciais parâmetros ao analisar o efeito das práticas agrícolas, analisando as doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) utilizando a estimativa de evapotranspiração com Hargreaves-Samani, obteve-se o valor de 0,40 kg m⁻³ para o EUA.

5 CONCLUSÃO

A cultura foi mais sensível ao estresse hídrico principalmente na fase reprodutiva, apresentando uma eficiência de uso da água de $1,45 \text{ g L}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJUM, S.A. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H.O.; FEITOSA, E. O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v. 6, n. 3, p. 207-216, 2012.
- ANGUS, J. F.; van HERWAARDEN, A. F. (2001) "Increasing water use and water use efficiency in dryland wheat". **Agronomy Journal**, 93, p. 290-298.
- AZEVEDO, J. N.; FRANCO, L.J. D.; ARAÚJO, R. O. C. **Composição química de sete variedades de feijão-fava**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2003. 4 p. (Comunicado Técnico).
- BARBOSA, G.J.; ARRIEL, N.H.C. Feijão-fava e a agricultura familiar de serraria, PB¹. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 35, n. 3, p. 387-403, set./dez. 2018.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 14, p. 730-735, 2010.
- BRITO, R.R. **Crítérios de manejo na irrigação do feijoeiro em três texturas de solo**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2014.
- CHIEPPE JÚNIOR, J.B.; PEREIRA, A. L.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; KLAR, A. E. Efeito de métodos de determinação de parâmetros para o controle da irrigação na eficiência do uso da água do feijoeiro, sob três diferentes lâminas de água no solo, **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 507-516, outubro-dezembro, 2008.
- CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v.4, n.2, 2004.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Common bean and cowpea. In: _____(Eds.). **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: M. Dekker, p. 280-318, 1991.
- FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: **agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, 2000. 402p.
- GERVÁSIO, E.S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 125-128, 2000.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal-PAM**. 2017.

JUNQUEIRA, S.F.; OLIVEIRA, E.A. de; MASCARENHAS, R. de J. Caracterização físico-química da fava rajada (*Phaseolus Lunatos L.*) cultivada no sertão da Paraíba. In: congresso norte-nordeste de pesquisa e inovação, 5., 2010, Maceió. **Anais**. Maceió: [IFAL], 2010. p.1-7.

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

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SILVA, I. F. **Estmativa da evapotranspiração do feijão-caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith**, v.11, p.477-491, 2006.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 102, p. 15-27, 2004.

LYMAN, S. M.; BAUDOIN, J. P.; HIDALGO, R. (1985). Lima bean (*Phaseolus lunatus*), in: **Grain Legume Crops**. Edited by Summer R.J and E. H. Roberts. Williams Collins Sons & Co. Ltd London United Kingdom. p. 477-519.

LOPES JÚNIOR, C. O.; AMORIM, A. C. P.; SOUZA, M.W.S.; SILVA, V.D.M.; SILVA, M.R.; SILVESTRE, M.P.C. Otimização da extração enzimática das proteínas do feijão. **Acta Scientiarum Technology**, v.32, n.3, p.319-325, 2010.

MAQUET, A.; VEKEMANS, X.Z.; BAUDOIN, J.P. Phylogenetic study on wild allies of lima bean, *Phaseolus lunatus L.* (Fabaceae), and implications on its origin. **Plant Systematics and Evolution**, v.218, n.1-2, p.43-54, 1999.

MELO, L.C. (Ed.) **Procedimentos para condução de ensaios de valor de cultivo e uso em feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 104p. (Embrapa Arroz e Feijão, Série Documentos, 239)

MOURA, E.G.; TEIXEIRA, A.P.R.; RIBEIRO, V.S.; AGUIAR, A.C.F.; FARIAS, M. F. Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. **Irriga**, v.11, p.169-177, 2006.

NORMAN, M. J. T.; PEARSON, C. J.; SEARLE, P. G. E. **The ecology of tropical food crops**. 2. ed. Cambridge, Grã-Bretanha: Universty Press, 1995. 430p.

OSAKABE, Y.; OSAKABE, K.; SHINOZAKI, K.; TRAN, L. S. P. Response of plants to water stress, **Frontiers Plant Science**, Lausanne, v. 5, n. 86, p.1-8, 2014.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 86- 95, 2005.

OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus L.*) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. **holos**, v. 1, p. 143-151, 2014.

OLIVEIRA, A. P. et al. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 543-546, 2004.

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; BENEDITO, C. P. Caracterização botânica e agrônômica de acessos de feijão-fava, em Mossoró, RN. **Revista Caatinga**, v. 24, 2011.

OLIVEIRA, J. P. Método não destrutivo para determinação da área foliar do feijoeiro caupi, vigna sinensis (L) savi, cultivado Em casa de vegetação. **Ciência Agrônômica**, v.7, n.12, p.53-57. 1977.

PACHECO, A.; LOPES, A.S.; OLIVEIRA, G.Q.; FRANÇA, A.; SILVA, L.E. Diferentes métodos de manejo de irrigação e doses de adubação nitrogenada nos componentes de produtividade e eficiência no uso da água. **Agrarian, Dourados**, v.9, n.33, p.263-273, 2016.

PEGADO, C. M. A. et al. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatusL.*) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 21, n. 1, p. 218-223, 2008.

PUPPALA, N.; FOWLER, J.L.; JONES, T.L.; GUTSCHICK, V.; MURRAY, L. Evapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of *Lesquerella fendleri* at different growth stages. **Industrial Crops and Products**, v.21, p.33-47, 2005.

REDDEN, R. Lima beans. In: HYDE. K. (Ed.). **The new rural industries: A handbook for farmers and investors**, Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC), Canberra, Australia, p. 347-350, 1998.

RUFINO, C. A. et al. **Estudo da interferência e manejo de plantas daninhas no tipo cultivado, fava feijão (*Phaseolus lunatus L.*)**. III JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, Bananeiras, 2008.

SANTOS, D.; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY JÚNIOR, J. S. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1407-1412, 2002.

SANTOS, J.O.; ARAÚJO, A.S.F.; GOMES, R.L.F.; LOPES, ÂNGELA, C.A.; FIGUEIREDO, MÁRCIA, V. B. Ontogenia da nodulação em feijão-fava (*Phaseolus lunatus*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.4, p.426-429, 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**. V.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOTO, J. L. L.; CORRAL, J. A. R.; GONZÁLEZ, J. J. S.; ILDEFONSO, R. L. Adaptación Climática de 25 Especies de Frijol Silvestre (*Phaseolus spp.*) en la República Mexicana. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 28, n. 3, p. 221-230, 2005.

SOUSA, M. A.; LIMA, M. D. B.; SILVA, M. V. V.; ANDRADE, J. W. S. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.175-182, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VIEIRA, R. F. A. cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 30-37, 1992.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C. Comportamento de feijões dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus* no consórcio com milho, plantado simultaneamente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.11, p.781-787, 1996.

YAGUIU, A.; MACHADO NETO, N. B.; CARDOSO, V. J. M. Grouping of Brazilian accesses of lima beans (*Phaseolus lunatus* L.) according to SDS-PAGE patterns and morphological characters. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 5, p. 7-12, 2003.

ZIMMERMANN, M. J. de O.; TEIXEIRA, M. G. Origem e evolução. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 57-70.

ZOZ, T.; STEINER, F.; GUIMARÃES, V. F.; CASTAGNARA, D. D.; MEINERZ, C. C.; FEY, R. Peroxidase activity as an indicator of water deficit tolerance in soybean cultivars. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1664-1671, 2013.