

RAFAEL MACEDO DE OLIVEIRA

**EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Oliveira, Rafael Macedo de, 1986-
O48e Efeito da restrição hídrica na produtividade e qualidade
2018 fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) / Rafael
Macedo de Oliveira. – Viçosa, MG, 2018.
vii, 39 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Eduardo Fontes Araújo.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Feijão - Rendimento. 3. Feijão -
Semente - Qualidade. 4. Estresse hídrico. 5. Sementes -
Fisiologia. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.65258

RAFAEL MACEDO DE OLIVEIRA

**EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 28 de maio de 2018



Laércio Júnio da Silva



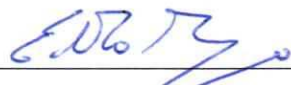
Denise Cunha F. Santos Dias



Hugo Tiago Ribeiro Amaro



Roberto Fontes Araujo



Eduardo Fontes Araujo
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por ter me dado forças para a realização desta pesquisa.

Aos meus pais e familiares, por muito me apoiarem, desde que iniciei meu curso na universidade.

A Alice de Souza Silveira, pelo valioso apoio e pela grande ajuda para avaliar os experimentos e pelo companheirismo, e ao meu filho Guilherme Silveira de Oliveira, que propulsionou a finalização desta etapa.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar a minha pesquisa.

Aos orientadores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em especial aos professores Eduardo Fontes Araujo e Laércio Júnio da Silva, pelo apoio e *feedback* que me fizeram crescer muito como pessoa e pesquisador.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os estagiários do laboratório de pesquisa em sementes, em especial a Valéria Veiga, que me ajudou a avaliar os experimentos, e pelo constante apoio.

À empresa Petroisa, pelo fornecimento dos materiais necessários para a instalação do sistema de irrigação.

A todos que, de alguma maneira, ajudaram-me a realizar este sonho, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Rafael Macedo de Oliveira, filho de Maria da Consolação Macedo Gomes de Oliveira e Dimas Miranda de Oliveira, nasceu em Ipatinga, Minas Gerais, em 15 de julho de 1986.

Iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), permanecendo na instituição por um semestre. No primeiro semestre de 2007, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Durante a graduação, foi estagiário no Laboratório de Acarologia da UFV e também na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Foi monitor da disciplina de Mecanização Agrícola do departamento de Engenharia Agrícola. Participou do Programa de Mobilidade Acadêmica do Mercosul (MARCA), cursando disciplinas na Universidad Nacional de Cuyo em Mendonza, Argentina. Nessa instituição, foi estagiário voluntário no projeto “Fecundación Natural de Abejas Reinas”. Em 2012, iniciou o mestrado em Entomologia, na UFV, sob orientação da Dra. Madelaine Venzon. Em 2014, iniciou o doutorado, na UFV, no Departamento de Fitotecnia, na área de sementes, defendendo a tese em 28 de maio de 2018.

RESUMO

OLIVEIRA, Rafael Macedo de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2018. **Efeito da restrição hídrica na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Orientador: Eduardo Fontes Araujo.

Um dos principais problemas associados ao plantio do feijoeiro é a restrição hídrica, presente em mais de 2/3 da área cultivada com a cultura no mundo. Os efeitos adversos da restrição hídrica dependem da sua intensidade e duração e da fase de desenvolvimento da cultura. Como efeitos decorrentes da falta d'água, destacam-se o menor desenvolvimento da planta, a baixa produtividade e, especificamente, em sementes, a diminuição da qualidade fisiológica. Assim, objetivou-se avaliar no Artigo 1 os efeitos da restrição hídrica na produtividade, nos fatores de produção e crescimento das plantas de feijão; no Artigo 2, os efeitos sobre o vigor e a qualidade fisiológica das sementes produzidas sob tais condições. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa, no período de abril a agosto de 2016, utilizando-se um cultivar não comercial, denominado VC 17, desenvolvida pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). O delineamento experimental foi em esquema fatorial 3x2+1, sendo três épocas de desenvolvimento da cultura (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes), sob dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração), durante vinte dias, mais o tratamento controle com 100% da evapotranspiração. Avaliou-se o crescimento e o desenvolvimento das plantas pela determinação das seguintes características: produtividade, rendimento por planta, número de sementes por vagem, número de sementes por planta, número de nós na haste principal, altura das plantas, número de vagens cheias e chochas. A qualidade fisiológica das sementes foi determinada pelas seguintes características: grau de umidade, primeira contagem e germinação, emergência e índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, crescimento de plântulas e matéria seca de plântulas. Para avaliar possíveis efeitos maternos na resistência ao estresse hídrico, a germinação e o crescimento de plântulas, conduziu-se o experimento com a utilização de polietilenoglicol 6000 para simular estresse hídrico em laboratório. Houve redução do número de sementes por vagem e do número de nós na haste principal, em função da restrição hídrica utilizada nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura. Quanto ao vigor, houve diminuição apenas quando

avaliado sob estresse simulado com polietilenoglicol, para as características primeira contagem e germinação. No geral, atesta-se que as condições hídricas a que as plantas estão submetidas no campo determinam a produção e a qualidade das sementes produzidas. Contudo, os efeitos dependem da intensidade e da época em que ocorrem. Sob restrições moderadas, em curto período, a produção e a qualidade das sementes das plantas são mantidas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Rafael Macedo de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2018. **Effect of water restriction on the productivity and physiological quality of common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Advisor: Eduardo Fontes Araujo.

One of the main problems associated with the bean cultivation is water restriction, occurring in more than 2/3 of the crop cultivated area in the world. The adverse effects of water restriction depend on its intensity, duration and the crop development stage. As the water shortage effects highlights a lower plant development, low productivity and specifically in seeds, decreasing in vigor and physiological quality. The objective of this study was in chapter one to evaluate the water restriction effects on productivity, production and growth factors of bean plants, and in chapter 2, seed vigor and physiological quality produced under these conditions. This study was set in experimental field of Federal University of Viçosa, from April to August 2016 by using a non-commercial cultivar, developed by UFV called VC17. The experimental design was a factorial scheme 3x2+1: three crop stages development (flowering, pod formation and seed filling), under two irrigation regimes (0 and 40 % of evapotranspiration) for twenty days, with the addition of control treatment with 100% evapotranspiration. Growth and development plants were evaluated by following characteristics: productivity, yield per plan, number of seed per pod, number of seed per plant, nodes number of main stem, plant height, number of full and hollow pods. Seed physiological quality was determined by following characteristics: humidity degree, first germination count, emergence, emergence speed index, accelerated aging, electrical conductivity, seedling growth, seedling dry matter. To evaluate possible maternal effects on water stress resistance, germination and seedling growth tests was conducted using polyethylene glycol 6000 in order to simulate water stress in laboratory. There was a reduction in the number of seeds per pod and nodes number of main stem as a function of the water restriction received in different crop development stages. About the vigor, there was a decreasing only when evaluated under simulated stress with polyethylene glycol, for the first germination count and germination characteristics. In general, water conditions that plants are exposed in field will determine production and seed produced quality, but the effects will depend on its intensity and occurrence season. Under moderate restrictions in a short time, plants are able to maintain seed production and quality.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
ARTIGO 1.....	6
Crescimento e desenvolvimento de feijão sob restrição hídrica	6
RESUMO	6
INTRODUÇÃO.....	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÕES	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
ARTIGO 2.....	20
Efeito da restrição hídrica durante a produção na qualidade fisiológica de sementes de feijão.....	20
RESUMO	20
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
Experimento 1: qualidade fisiológica das sementes	23
Experimento 2: tolerância ao estresse hídrico	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
Experimento 1: qualidade fisiológica das sementes	25
Experimento 2: tolerância ao estresse hídrico	28
CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CONCLUSÕES GERAIS	39

INTRODUÇÃO GERAL

O gênero *Phaseolus* possui aproximadamente 55 espécies, sendo que cinco são mais cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanyhus* Greenman (Debouck, 1993). Dentre essas, destaca-se o feijão-comum (*P. vulgaris*) que é a espécie mais cultivada (Santos e Gavilanes, 2006). O feijão-comum é considerado um alimento importante na dieta diária de mais de 300 milhões de pessoas. Faz parte do hábito alimentar da maioria dos brasileiros, sendo consumido diariamente em diferentes proporções, em conjunto com outros alimentos, variando entre as regiões do País (Barbosa, 2007) e constitui componente essencial na alimentação das classes mais baixas (Santos e Gavilanes, 2006). De acordo com o Departamento de Economia Rural – DERAL (2016), o consumo médio de feijão *per capita* em 2012 foi de 14,94 kg/hab/ano. Ferreira et al. (2006) citam que o consumo de um alimento está associado com aspectos culturais e históricos da sociedade em que a população está inserida.

Segundo levantamento da CONAB (2017), a primeira safra do ano agrícola 2016/2017 alcançou uma produção de 1.380,9 mil toneladas em 1.111 mil hectares cultivados, evidenciando um aumento de 33,5% em relação à safra do ano anterior. Considerando-se as três safras, a área cultivada com feijão foi de 3.120,0 mil hectares, havendo aumento de 10% em relação ao ano anterior, sendo a terceira maior área plantada entre as culturas de verão, atrás somente da soja e do milho.

O cultivo de feijão para produção de sementes difere daquele que visa à produção de grãos. No primeiro, a qualidade da semente é tanto ou até mais importante que a produtividade, enquanto a produção de grãos visa preferencialmente à produtividade obtida (Bevilaqua et al., 2013). A produtividade da lavoura implantada está diretamente ligada à qualidade das sementes utilizadas. Sementes de baixa qualidade culminarão em um conjunto de plantas com desenvolvimento inadequado ou desuniforme que irão resultar em baixa produtividade (Krzyzanowski et al., 2008). Assim, para a condução de campo de produção de sementes, deve-se fornecer sempre condições ideais ao desenvolvimento das plantas, para se obter sementes de máxima qualidade fisiológica.

A seca é um dos principais fatores limitantes da produção agrícola no mundo (Jones e Corlett, 1992). O déficit hídrico é responsável pela variação de 60% a 70% na produção, isso sem levar em consideração situações extremas (Ortolani e Camargo,

1987). A restrição hídrica está presente em diversos campos agrícolas, ocasionando um impacto negativo no crescimento e desenvolvimento das plantas (Lecoeur e Sinclair, 1996), havendo um conflito na planta entre a conservação de água e a taxa de assimilação de CO₂, haja vista que a porta de entrada desse gás é a mesma via de saída de água da planta, o estômato.

A disponibilidade hídrica do solo influencia na translocação de fotoassimilados e no processo fotossintético. A restrição interfere na deposição de matéria seca, bem como limita a disponibilidade de CO₂ e os processos de alongação celular e expansão foliar, acelera a senescência, diminui o índice de área foliar e aumenta a abscisão das folhas. A consequência primária da restrição hídrica às plantas, no que se refere ao baixo rendimento de grãos, ocorre devido à redução do número de vagens e sementes por planta (Asfaw et al., 2012).

Dentre os elementos climáticos que mais influenciam na produção do feijoeiro, pode-se destacar a temperatura, a radiação solar e a precipitação. O feijoeiro é uma cultura sensível ao estresse hídrico, ocasionado tanto pelo excesso quanto pela falta de água (Silveira e Stone, 2004). O feijão explora somente a camada superficial do solo (Santos e Gavilanes, 2006), pelo fato de seu sistema radicular ser pouco desenvolvido; por isso apresenta dificuldade para se recuperar após um período de estresse (Silva et al., 2011). Em cerca de 60% da área plantada com feijão no mundo, as necessidades hídricas das plantas não são satisfeitas e esta é uma das razões para a produtividade estar próxima de 1.000 kg por hectare, enquanto produtividades superiores a 2.500 kg por hectare ou mais em áreas irrigadas já são atingidas.

O suprimento de água às plantas é determinado por sua própria capacidade de utilizar a água armazenada no solo, enquanto ocorrem perdas para a atmosfera. Como solução para o conflito no uso da água, as plantas desenvolveram mecanismos morfofisiológicos que conduzem à economia e utilização em épocas posteriores (McCree e Fernández, 1989). A tolerância às condições de deficiência hídrica é variável segundo o estágio de desenvolvimento e o cultivar utilizado (Kelling, 1995). Conforme Chaves (1991), a extensão dos efeitos da restrição hídrica nas espécies vegetais depende da sua intensidade e duração e da capacidade das plantas em responder às mudanças ambientais.

O estresse hídrico é importante, principalmente em três fases de desenvolvimento do feijoeiro: germinação, florescimento e enchimento de grãos (Sorato

et al., 2003). Se o estresse ocorrer durante a sementeira, ocasionará uma redução na germinação das sementes (Guimarães, 1996) e no estande final; porque a água constitui a matriz onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos que irão resultar na protrusão da radícula e na germinação (Bray, 1995). Durante a fase vegetativa, o estresse acarretará diminuição indireta da produtividade, dada a diminuição da área foliar (Carvalho, 2009), além da redução do tamanho e do desenvolvimento das plantas (Oliveira e Kluthcouski, 2009). Se o estresse hídrico ocorrer durante as fases de pré-florescimento e florescimento, acarretará menor “vingamento” das flores e ciclo mais prolongado da planta (Oliveira e Kluthcouski, 2009); o abortamento das flores implicará em diminuição do número de vagens por planta. Se o estresse hídrico ocorrer entre as fases de floração e enchimento de grãos, ocorrerá redução da produtividade da cultura, do peso das sementes e aceleração da maturação do feijoeiro (Singh, 1995). No estágio mais avançado, durante a formação das vagens, o estresse acarretará abortamento dos óvulos e formação de vagens chochas (Oliveira e Kluthcouski, 2009).

As condições climáticas durante a maturação das sementes, em destaque o regime hídrico, influenciam na germinação e no período de viabilidade das sementes, diminuindo rapidamente o vigor. A deficiência hídrica pode também implicar em menor quantidade de matéria seca acumulada nas sementes. Além de reduzir os fotoassimilados para o desenvolvimento da semente o estresse hídrico induz redução na qualidade fisiológica das mesmas (Pedroso et al., 2009). Estudos têm sido desenvolvidos para entender os efeitos da restrição hídrica em diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro e diferentes intensidades no desenvolvimento da planta (Pasin et al., 1991; Miorini et al., 2011; Ambachew et al., 2015), produção e qualidade fisiológica das sementes, mas ainda assim algumas lacunas não foram preenchidas.

Assim, no Artigo 1, objetivou-se avaliar o efeito da restrição hídrica, em diferentes épocas, no crescimento, desenvolvimento e nos fatores de produtividade do feijoeiro. Já no Artigo 2, objetivou-se avaliar o efeito da restrição hídrica na qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas e sua tolerância ao estresse hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBACHEW, D.; MEKBIB, F.; ASFAW, A.; BEEBE, S.E.; BLAIR, M.W. Trait associations in common bean genotypes grown under drought stress and field infestation by BSM bean fly. **The Crop Journal**, v. 3, p. 305-316, 2015
- ASFAW, A.; ALMEKINDERS, C.; BLAIR, M.W.; STRUIK, P. Participatory approach in common bean breeding for drought tolerance for southern Ethiopia. **Plant Breed**, v. 131, p. 125-134, 2012
- BARBOSA, L. O feijão com arroz e arroz com feijão: o Brasil no prato dos Brasileiros. **Horizontes Antropológicos**, ano 13, v. 28, p. 87-116, 2007
- BEVILAQUA, G.A.P.; ANTUNES, I.F.; EBERHARDT, P.E.R.; EICHHOLZ, C.J.; GREHS, R.C. **Indicações Técnicas para produção de sementes de feijão para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa, 2013, 16p.
- BRAY, C.F. Biochemical process during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALLIL, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, p. 767-789, 1995
- CARVALHO, L.F.; SEDIYAMA, C.S.; REI, S.M.S.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A. Influência da temperatura de embebição da sementes de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 41, p. 9-17, 2009
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, p. 1-16, 1991
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v. 1, n. 1, 2017, 158 p.
- DEBOUCK, D. Systematics and morphology. In: VAN CHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CAB: International, p. 55-118, 1993
- DERAL – Departamento de economia rural. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Feijao_2016_17.pdf>. Acesso em: 24 de outubro de 2017.
- FERREIRA, C.M.; SANTOS, M.L. dos; BRAGA, M.J.; PELOSO, M.J.D. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J. de; BORÉM, A. (Ed). **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006, 600 p.
- GRAHAN, P.H.; VANCE, C.P. Legumes: Importance and constraints to greater use. **Plant Physiology**, v. 131, p. 872-877, 2003
- GUIMARÃES, C.M. Relações hídricas. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafos, 1996, 786 p.
- JONES, H.G.; CORLETT, J.E. Current topics in drought physiology. **Journal of Agricultural Science**, v. 119, p. 291-296, 1992

KELLING, C.R.S. **Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro**, Santa Maria, UFSM, 1995, Dissertação de Mestrado, 91 p.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. da. **O controle de qualidade agregando valor à semente de soja**. Londrina: Embrapa, 2008, 12 p.

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

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

MIORINI, T.J.J.; SAAD, J.C.C.; MENEGALE, M.L. Water suppression in different phenological stages of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Irriga**, v.16, n.4, p. 360-368, 2011

OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J. Práticas indutoras do crescimento radicular das principais culturas anuais, com ênfase na cultura do feijoeiro. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Org.) **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, p. 185-223, 2009

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

PASIN, N.H.; SANTOS FILHO, B.G. dos; SANTOS, D.S.B.; MELLO, V.D.C. Desempenho de sementes de feijão provenientes de plantas submetidas a déficit hídrico em dois estádios de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 183-192, 1991

PEDROSO, T.Q.; SCALCO, M.S.; CARVALHO, M.L.M.; RESENDE, C.A. Qualidade de sementes de cafeeiro produzidas em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos. **Coffea Science**, v. 4, n. 2, p. 155-164, 2009

SANTOS, J.B. dos; GAVILANES, M.L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J. de; BORÉM, A. (Ed). **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006, 600 p.

SILVA, J.C. da; HELDWEIN, A.B.; RADONS, S.Z.; MALDANER, I.C.; TRENTIN, G.; GRIMM, E.L. Necessidade de irrigação para o feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1030-1036, 2011

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

SINGH, S.P. Selection for water-stress tolerance in international populations of common bean. **Crop Science Society of America**, v. 35, p. 118-124, 1995

SORATO, R.P.; ORIVALDO, A.R.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZZETTI, S.; SILVA, T.R.B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003

ARTIGO 1

Crescimento e desenvolvimento de feijão sob restrição hídrica

RESUMO

Um dos fatores que mais limita a produtividade de feijão é o estresse a que as plantas estão submetidas durante seu desenvolvimento, tendo o estresse hídrico um destaque entre tais limitantes. Os efeitos da falta d'água irão depender da sua época e intensidade e da duração. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da restrição hídrica em diferentes estádios de desenvolvimento e lâminas de irrigação no crescimento, desenvolvimento e nos fatores de produtividade do feijoeiro. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa, no período de abril a agosto de 2016. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial. As plantas foram submetidas a dois regimes de estresse 0% e 40% da evapotranspiração calculada segundo a metodologia da FAO-56, durante vinte dias, iniciadas nas fases de florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes. Foram avaliados, ao final do ciclo da cultura, produtividade, rendimento por planta, número de sementes por vagem, número de sementes por planta, número de nós na haste principal, altura da planta, número de vagens cheias e chochas. Houve efeito da restrição no número de sementes por vagem e no número de nós na haste principal. As fases de formação de vagens e o enchimento de sementes foram as fases em que houve efeito mais pronunciado do estresse hídrico. Mesmo sob restrição hídrica, as plantas mantiveram a produtividade.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; produtividade; estresse hídrico; fatores de produção.

INTRODUÇÃO

O feijão é a leguminosa mais importante para a dieta humana, sendo rico em proteínas, carboidratos e minerais (Broughton et al., 2003). Em 2017, a área cultivada com feijão foi de 2,837 milhões de hectares, atrás apenas da soja e do milho. A produtividade média nacional foi de 1.100 kg/ha, aumento de 21,7% em relação à safra 15/16. A produção total foi de 3,367 milhões de toneladas, havendo aumento de 33,4% (Conab, 2017).

De todos os estresses bióticos e abióticos a que as plantas estão sujeitas, a falta d'água é considerada o fator mais limitante para a sustentabilidade da agricultura (Chaves et al., 2009; Zlatev e Lidon, 2012). O estresse hídrico pode ocasionar perdas na produtividade agrícola mundial da ordem de até 50% (Lisar et al., 2012), sem levar em consideração eventos extremos.

Cerca de 60% da área plantada com feijão no mundo é afetada pela falta d'água, sendo este o segundo maior redutor de produção, perdendo apenas para o ataque de pragas (Aguiar et al., 2008). Na América Latina e na África, por volta de 73% e 40% da área plantada com feijão, respectivamente, a necessidade hídrica das plantas não é suprida (Broughton et al., 2003). A grande extensão de área plantada sob estresse hídrico tem levado a uma baixa produtividade do feijoeiro, com média nacional inferior a 1.100 kg/ha (Conab, 2017).

O feijoeiro é uma cultura sensível, tanto ao excesso quanto à falta de água, dada a baixa capacidade de recuperação pós-estresse e ao sistema radicular pouco desenvolvido, explorando uma pequena porção de solo (Aguiar et al., 2008). O estresse hídrico é ocasionado por uma taxa de transpiração da planta superior à taxa de absorção, o que afeta, portanto, as relações hídricas dentro da mesma (Costa et al., 2008). Os efeitos do estresse dependem da intensidade e da época em que ocorre. Tratando-se da época, ele pode ocorrer no início, no meio ou no final do ciclo, acarretando diminuição da produtividade e do número de sementes por vagem e por planta (Asfaw et al., 2012). As fases de floração e formação das sementes são consideradas as mais sensíveis, mas, se a restrição hídrica ocorrer em outras épocas, também acarretará danos. Na fase vegetativa, proporciona menor desenvolvimento das plantas, o que poderá reduzir a produção final, dada a menor área foliar. Na fase de pré-floração, ocasiona retardamento do ciclo da planta (Oliveira e Kluthcouski, 2009). Durante a fase de floração, leva ao abortamento de flores, redução da altura das plantas e diminuição do número de

sementes por vagem (Silva e Ribeiro, 2009). Na fase de formação de vagens, poderá provocar o abortamento dos óvulos, levando ao surgimento de vagens chochas, além de reduzir o rendimento de grãos (Miorini et al., 2011).

Na literatura, encontram-se alguns trabalhos a respeito do efeito da restrição hídrica no crescimento e desenvolvimento de algumas espécies vegetais (Kelling, 1995, Carvalho et al., 2009, Freitas et al., 2013), mas ainda assim são escassos resultados a respeito de lâminas diferenciais no crescimento e desenvolvimento de feijoeiro, por ser este um alimento de grande importância e a produtividade das lavouras depender das condições que estão submetidas no campo.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da restrição hídrica em diferentes estádios de desenvolvimento e em duas intensidades de irrigação no crescimento, no desenvolvimento e nos fatores de produção do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), coordenadas 20°45'28" S e 42°49'26" W, Viçosa - MG, no período de abril a agosto de 2016. Foi utilizada uma linhagem não comercial de feijão, desenvolvida pela UFV, denominada VC 17, com plantas do tipo III, ciclo normal, grãos carioca e alta produtividade. De acordo com Köppen's, o clima de Viçosa é classificado como Cwa (clima tropical de altitude). O solo da área experimental é classificado como argissolo, e a adubação foi realizada de acordo com a análise de solo, conforme recomendações para a cultura, considerando-se um nível tecnológico 3 (Ribeiro et al., 1999).

Foram testados seis tratamentos, em esquema fatorial duplo, mais um tratamento controle adicional, compondo um fatorial 3x2+1: três estádios de desenvolvimento da cultura (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes); duas lâminas de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração), calculada segundo a metodologia da FAO-56 (Allen et al., 1998), com a utilização dos dados meteorológicos obtidos na estação automática instalada no campus da UFV. Os tratamentos foram: 1) lâmina de 40% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no florescimento da cultura (estádio R6); 2) lâmina de 0% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no florescimento da cultura (estádio R6); 3) lâmina de 40% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado na formação das vagens (estádio R7); 4) lâmina de 0% da evapotranspiração durante 20

dias, iniciado na formação das vagens (estádio R7); 5) lâmina de 40% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no enchimento das sementes (estádio R8); 6) lâmina de 0% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no enchimento das sementes (estádio R8); e 7) tratamento controle, 100% da evapotranspiração durante todo o desenvolvimento da cultura. A irrigação foi realizada com a utilização de um sistema localizado com fitas gotejadoras dispostas na linha de plantio. O turno de rega adotado foi de quatro dias, buscando-se manter o solo próximo à capacidade de campo. O tempo de irrigação foi determinado por meio da divisão da irrigação total necessária pela intensidade de aplicação.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. A parcela experimental foi composta por quatro linhas, com espaçamento de 0,45 m entre si e 9 m de comprimento. A parcela útil foi composta pelas duas linhas centrais, descartando-se 0,5 m das extremidades delas.

Em dez plantas, no estágio de maturidade fisiológica (R9), caracterizado pelas vagens de coloração creme, foram avaliadas as seguintes características: rendimento por planta, obtida pela debulha manual e pesagem dos grãos de cada planta, em balança de precisão, com duas casas decimais; número de sementes por vagem, obtido pela divisão do número de sementes por planta pelo número de vagens cheias; número de sementes por planta, por meio da contagem das sementes advindas da debulha de cada uma das dez plantas; número de nós na haste principal, obtido pela contagem direta dos mesmos em cada uma das dez plantas; altura de planta, determinada pela distância do nível do solo até o meristema apical, com a utilização de uma fita métrica; número de vagens cheias e vagens chochas por planta, obtido pela contagem das mesmas; na ocasião da colheita foi determinada a produtividade (kg/ha), obtida por meio do peso das sementes colhidas na parcela útil e calculada com a correção do teor de água para 13,0%.

Durante o ciclo da cultura, foram registradas as temperaturas mínimas, médias e máximas, além das precipitações, por meio da utilização da estação meteorológica automática instalada no campus da UFV.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Dunnett, a 5% de significância, entre as diferentes fases de desenvolvimento e lâminas de irrigação com o tratamento controle. As análises foram realizadas com o programa Sisvar 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 e 2, estão apresentados os dados de temperatura e precipitação durante o período em que foi conduzido o experimento em campo.

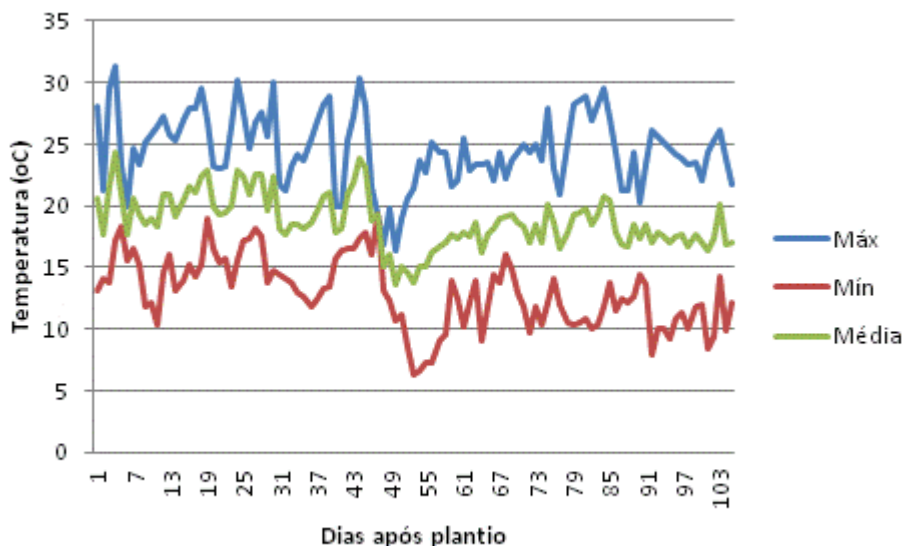


Figura 1: Variação da temperatura durante o período de desenvolvimento do feijoeiro em Viçosa, MG.

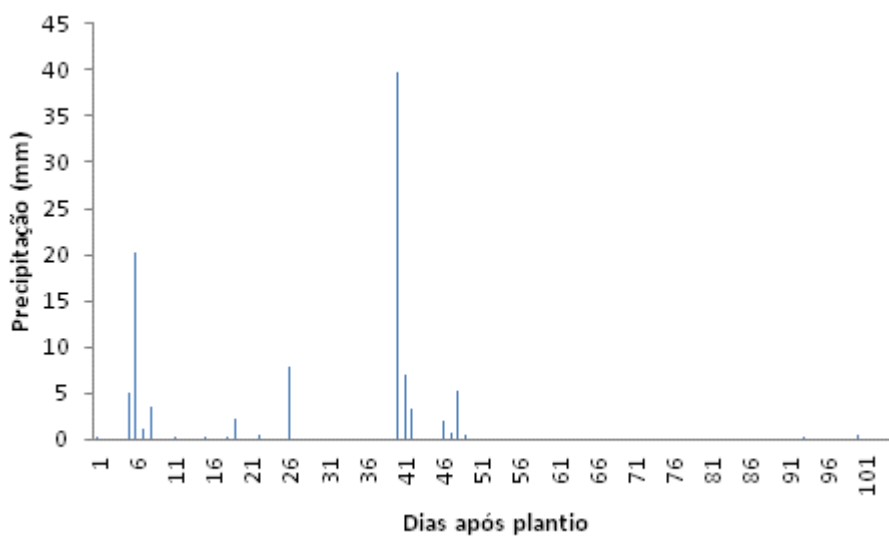


Figura 2: Distribuição das precipitações ao longo do desenvolvimento do feijoeiro em Viçosa, MG.

Segundo Vieira (1967), a faixa de temperatura média ideal para o desenvolvimento do feijoeiro é de 18 °C a 24 °C, sendo a de 21 °C considerada ideal. Como se pode observar na Figura 1, as temperaturas estiveram dentro da faixa ideal,

com exceção apenas de alguns dias em que as temperaturas médias estiveram abaixo de 15 °C, na fase vegetativa, entre os dias 48 e 55 após o plantio. Baixas temperaturas ocasionam crescimento mais lento das plantas (Ferreira et al., 2006). Neste estudo, por ter sido breve o período em que foram registradas, de 8 dias, tais temperaturas não afetaram o desenvolvimento das plantas.

Tabela 1: Lâmina de irrigação e precipitação efetiva (mm) nos diferentes tratamentos

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação e precipitação	
	0%	40%
Florescimento	184,56	204,74
Formação de vagem	188,05	206,90
Enchimento de sementes	184,20	206,78
Controle	235,13	

As lâminas diferenciais foram aplicadas 51, 63 e 76 dias após o plantio, para os estádios de florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes, respectivamente, permanecendo por 20 dias. Conforme demonstrado na Figura 2, a precipitação ocorreu mais intensamente no período compreendido entre 6 e 10 dias e 40 e 49 dias após o plantio, períodos estes em que as plantas ainda se encontravam na fase vegetativa, não tendo, portanto, interferido na aplicação das lâminas diferenciadas dos tratamentos, tendo-se descontado apenas a chuva da lâmina que seria irrigada. Pela Tabela 1, verifica-se que houve diferença entre as lâminas apenas para o fator intensidade, 0% e 40%, não sendo observada diferença entre os estádios de desenvolvimento. Houve diferença das lâminas em relação ao controle. Não houve diferença das lâminas entre os estádios de desenvolvimento do feijoeiro e isso pode ser explicado pelas temperaturas na fase reprodutiva terem sido estáveis, além da radiação solar, umidade relativa e demais características que afetam a evapotranspiração; assim, a evapotranspiração manteve-se estável nos diferentes estádios de desenvolvimento. De acordo com Ferreira et al. (2006), a demanda hídrica da cultura do feijão encontra-se no intervalo de 300 a 500 mm. Esse valor varia de acordo com a época de plantio, variedade e condições climáticas locais. Os valores de irrigação do presente estudo encontram-se abaixo dos valores estipulados para a cultura, dadas as condições

climáticas em que o experimento foi conduzido, mais amenas, ocorrendo menor intensidade de evapotranspiração (Figura 1).

Tabela 2: Produtividade (kg/ha) de feijão sob restrição hídrica (média \pm erro padrão) em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	2162,44 ($\pm 133,00$) ^{ns}	2135,48 ($\pm 146,30$) ^{ns}
Formação de vagem	2220,61 ($\pm 112,44$) ^{ns}	2054,02 ($\pm 94,43$) ^{ns}
Enchimento de sementes	2049,35 ($\pm 66,65$) ^{ns}	2102,35 ($\pm 90,66$) ^{ns}
Controle	2056,39 ($\pm 81,44$)	

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

Na Tabela 2, observa-se que não houve diferença na produtividade de feijão, mesmo quando as plantas foram submetidas a uma restrição hídrica durante 20 dias, em diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro, obtendo-se uma produtividade média de 2.054,09 kg/ha. Apesar de as plantas de feijão serem sensíveis ao estresse, não houve diminuição da produtividade, por ter sido curto o período em que as plantas foram submetidas ao estresse, e porque as lâminas de irrigação não se diferiram entre as diferentes épocas. Ambachew et al. (2015) avaliaram o efeito da restrição hídrica em duas áreas plantadas com feijão comum e observaram redução da produção nas duas áreas; as reduções variaram de 35% a 70% em relação ao controle. A maior redução foi observada na área em que a demanda hídrica foi maior, demonstrando que, quando não há redução drástica na lâmina irrigada, ainda há boa produção. Esses dados dão suporte ao do presente estudo, em que não houve diminuição da produção, em razão da redução da lâmina irrigada, explicada pela baixa evapotranspiração das plantas.

Na Tabela 3, estão apresentados os dados de rendimento por planta.

Tabela 3: Rendimento por planta de feijão (gramas) sob restrição hídrica (média \pm erro padrão) em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	14,47 ($\pm 0,87$) ^{ns}	13,52 ($\pm 0,82$) ^{ns}
Formação de vagem	13,76 ($\pm 0,93$) ^{ns}	13,44 ($\pm 0,76$) ^{ns}
Enchimento de sementes	14,38 ($\pm 1,02$) ^{ns}	17,97 ($\pm 1,03$) ^{ns}

Controle	14,61 ($\pm 1,03$)
----------	----------------------

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

Não houve redução no rendimento por planta, comparando-se as diferentes lâminas nas diferentes fases, em relação ao tratamento controle. Segundo Fageria et al. (1991), o feijoeiro é altamente sensível ao estresse hídrico, especialmente durante as fases de florescimento e início de formação de vagens. Como a água interfere diretamente nos processos de absorção e translocação de nutrientes, fotossíntese, transpiração e translocação de assimilados, limitações desse fator culminam em última análise na redução da produção. Como neste experimento a demanda hídrica permaneceu baixa, demonstrada pela evapotranspiração inferior a 300 mm e o solo apresentou característica de retenção de água por longos períodos, a limitação hídrica não afetou o rendimento por planta, assim como não apresentou redução da produtividade.

Na Tabela 4, estão apresentados os dados de número de sementes por vagens.

Tabela 4: Número de sementes por vagem de feijão sob restrição hídrica (média \pm erro padrão) em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	4,68 ($\pm 0,14$) ^{ns}	4,85 ($\pm 0,10$)*
Formação de vagem	4,86 ($\pm 0,10$)*	4,86 ($\pm 0,11$)*
Enchimento de sementes	5,08 ($\pm 0,10$)*	4,95 ($\pm 0,10$)*
Controle	5,05 ($\pm 0,10$)	

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

Os dados de número de sementes por vagem diferiram em função das diferentes lâminas, nas diferentes fases em relação ao tratamento controle. A diminuição na fase de florescimento provém da baixa porcentagem de vingamento de flores, resultante do estresse (Oliveira e Kluthcouski, 2009). Na fase de formação de vagens, o estresse ocasionará abortamento das vagens, culminando portanto na redução da produção da planta. Sousa e Lima (2010) encontraram diminuição do número de sementes por vagem no tratamento em que houve suspensão da irrigação, desde a fase vegetativa até

o final do ciclo da cultura. Neste estudo, a diminuição das lâminas irrigadas acarretou menor número de sementes por vagem.

Na Tabela 5, são apresentados os dados de número de sementes por planta sob restrição hídrica em diferentes fases.

Tabela 5: Número de sementes por planta de feijão sob restrição hídrica (média \pm erro padrão) em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	59,78 ($\pm 3,64$) ^{ns}	59,43 ($\pm 3,35$) ^{ns}
Formação de vagem	59,45 ($\pm 3,68$) ^{ns}	58,80 ($\pm 2,88$) ^{ns}
Enchimento de sementes	64,48 ($\pm 4,27$) ^{ns}	74,90 ($\pm 5,52$) ^{ns}
Controle	64,28 ($\pm 3,85$)	

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

Os dados não diferiram quanto ao número de sementes por planta, em função da restrição nas diferentes fases e intensidades. Ambachew et al. (2015) relataram que número de vagens por planta, número de sementes por vagem e número de sementes por planta não são muito afetados pelas condições de campo, sendo esses atributos mais fortemente ligados ao genótipo. Esse fato se explica porque estes se mantiveram constantes, mesmo quando ocorreu uma restrição hídrica em diferentes estádios.

Na Tabela 6, estão apresentados os dados de número de nós na haste principal.

Tabela 6: Número de nós na haste principal de feijão sob restrição hídrica (média \pm erro padrão) em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	14,75 ($\pm 0,29$) ^{ns}	14,65 ($\pm 0,30$) ^{ns}
Formação de vagem	14,23 ($\pm 0,31$) ^{ns}	15,25 ($\pm 0,23$) [*]
Enchimento de sementes	15,00 ($\pm 0,20$) [*]	15,30 ($\pm 0,25$) [*]
Controle	15,18 ($\pm 0,23$)	

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

Houve redução do número de nós na haste principal, comparando-se as lâminas de 0% no enchimento de sementes com o tratamento controle. Já na intensidade 40% da

evapotranspiração, nas fases de formação de vagem e enchimento de sementes, houve incremento em relação ao controle. Segundo Fancelli e Dourado Neto (1999), um dos efeitos do estresse hídrico na fase reprodutiva é a diminuição da emissão de novas folhas que irá também afetar o número de nós da haste principal. Como o cultivar utilizado no presente experimento é de hábito de crescimento indeterminado nas fases reprodutivas, ainda há emissão de novas folhas, de modo que estresses nessas fases irão proporcionar diminuição do desenvolvimento das plantas.

Na Tabela 7, encontram-se os valores de altura de planta em função da restrição nas diferentes fases de desenvolvimento.

Tabela 7: Altura de plantas de feijão sob restrição hídrica (média \pm erro padrão), em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	115,35 ($\pm 2,83$) ^{ns}	113,15 ($\pm 3,18$) ^{ns}
Formação de vagem	109,78 ($\pm 3,77$) ^{ns}	98,03 ($\pm 2,96$) ^{ns}
Enchimento de sementes	105,09 ($\pm 2,82$) ^{ns}	105,53 ($\pm 3,50$) ^{ns}
Controle	114,48 ($\pm 2,55$)	

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p > 0,05$).

Não houve redução da altura das plantas em função das diferentes lâminas de irrigação em diferentes fases de desenvolvimento em relação ao tratamento controle. Moraes et al. (2010), avaliando o efeito da restrição hídrica em duas fases de desenvolvimento do feijoeiro, também não encontraram efeito das lâminas sobre o crescimento da planta. A diminuição do crescimento das plantas é uma resposta à baixa taxa de translocação de fotoassimilados e ao baixo turgor das células. Com a restrição hídrica, pode ter havido emissão de maior número de nós na haste principal; porém, o espaçamento entre nós pode ter sido menor, explicando, portanto, ter havido influência das lâminas no número de nós e não na altura final das plantas. Diminuição do crescimento já foi relatada para feijão em condições em que o estresse hídrico perdurou por mais tempo (Salehi e Jalali, 2017; Souza e Lima, 2010; Shenkut e Brick, 2003).

Na Tabela 8, encontram-se os valores do número de vagens cheias por planta em função da restrição hídrica.

Tabela 8: Número de vagens cheias por planta de feijão sob restrição hídrica (média ± erro padrão) em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	12,80 (±0,70) ^{ns}	12,18 (±0,61) ^{ns}
Formação de vagem	12,27 (±0,72) ^{ns}	12,17 (±0,56) ^{ns}
Enchimento de sementes	12,98 (±0,93) ^{ns}	15,03 (±1,07) ^{ns}
Controle	12,85 (±0,73)	

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (p>0,05).

Não houve efeito do estresse no número de vagens cheias por planta. Segundo Salehi et al. (2010), o número de vagens está correlacionado ao número de flores fertilizadas e ao genótipo da planta; além disso, é uma característica intrínseca da planta manter as vagens mesmo sob estresse. Redução do número de vagens foi relatada por Lima e Souza (2010), em condições de restrição hídrica severa, nas fases de pré-florescimento e florescimento. Neste estudo, por ter sido baixa a demanda hídrica, e em curto período, não ocorreu abortamento das vagens.

Na Tabela 9, estão apresentadas as médias de número de vagens chochas em função das diferentes lâminas de irrigação.

Tabela 9: Número de vagens chochas de feijão sob restrição hídrica (média ± erro padrão), em três fases de desenvolvimento das plantas (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes) e dois regimes de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração)

Fase de desenvolvimento	Regime de irrigação	
	0%	40%
Florescimento	2,08 (±0,33) ^{ns}	2,90 (±0,33) ^{ns}
Formação de vagem	2,50 (±0,40) ^{ns}	2,40 (±0,29) ^{ns}
Enchimento de sementes	3,23 (±0,42) ^{ns}	2,80 (±0,36) ^{ns}
Controle	3,53 (±0,40)	

Médias apresentando asterisco (*) diferem do controle; médias seguidas de ns não diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (p>0,05).

Não houve aumento do número de vagens chochas, comparando-se as lâminas em diferentes estádios com o tratamento controle. Segundo Assefa et al. (2013), a eficiência de translocação de fotoassimilados determinará o número de vagens cheias e o índice de colheita das plantas, e essa característica está relacionada ao genótipo da

planta. Como relatado por Salehi et al. (2010), o número de vagens é uma característica intrínseca da variedade e não é tão influenciado pelos estresses aos quais as plantas são submetidas.

CONCLUSÕES

A restrição hídrica, em diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro, afeta o número de nós na haste principal e o número de sementes por vagem, dependendo da intensidade da restrição. Quando a demanda hídrica pela cultura é baixa, restrições em curtos períodos não afetam o desempenho e a produtividade da planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R.S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R.T.; VIDAL, L.H.I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56), 300 p.

AMBACHEW, D.; MEKBIB, F.; ASFAW, A.; BEEBE, S.E.; BLAIR, M.W. Trait associations in common bean genotypes grown under drought stress and field infestation by BSM bean fly. **The Crop Journal**, v. 3, p. 305-316, 2015

ASSEFA, T.; BEEBE, S.E.; RAO, I.M.; CAUSQUER, J.B. DUQUE, M.C.; RIVERA, M.; BATTISTI, A.; LUCCHIN, A. Pod harvest index as a selection criterion to improve drought resistance in white pea bean. **Field Crop Research**, v. 148, p. 24–33, 2013

ASFAW, A.; ALMEKINDERS, C.; BLAIR, M.W.; STRUIK, P. Participatory approach in common bean breeding for drought tolerance for southern Ethiopia. **Plant Breed**, v. 131, p. 125-134, 2012

BROUGHTON, W.J.; HERNANDEZ, G.; BLAIR, M.W.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.)—model food legumes. **Plant Soil**, v. 252, p. 55–128, 2003

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**, v. 54, n. 3, 1997

CARVALHO, L.F.; SEDIYAMA, C.S.; REI, S.M.S.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A. Influência da temperatura de embebição das sementes de soja no teste de

condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 41, p. 9-17, 2009

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551-560, 2009

COSTA, R.C.L.; LOBATO, A.K.S.; OLIVEIRA NETO, C.F.; MAIA, P.S.P. Biochemical and physiological responses in two *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cultivars under water stress. **Journal of agronomy**, v. 7, n. 1, p. 98-101, 2008

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4, safra 16 /17, Décimo levantamento, 2017, 171 p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Common bean and cowpea. In: FAGERIA, N. K.; BALLIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**, New York: M, Dekker, p. 280-318, 1991

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Estresse de água e temperatura na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (ed.) **Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: Publique, 1999, p. 155-169

FERREIRA, C.M.; SANTOS, M.L. dos; BRAGA, M.J.; PELOSO, M.J. D. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J. de; BORÉM, A. (Ed). **Feijão**. 2. Ed. Viçosa: UFV, 2006, 600 p.

FREITAS, R.M.O.; TORRES, S.B.; NOGUEIRA, N.W.; LEAL, C.C.P.; FARIAS, R.M. de. Produção e qualidade de sementes de feijão caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 370-376, 2013

KELLING, C.R.S. **Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro**, Santa Maria, UFSM, 1995, 91p. Dissertação de Mestrado

LISAR, S.Y.S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M.M.; RAHMAN, I.M.M. Water stress in plants: Causes, effects and responses. In: RAHMAN, M., HASEGAWA, H. (Ed). **Water Stress**; InTech: Rijeka, Croatia, 2012. p. 1-14.

OLIVEIRA, P. de.; KLUTHCOUSKI, J. Práticas indutoras do crescimento radicular das principais culturas anuais, com ênfase na cultura do feijoeiro. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H (Ed.). **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, 2009. p. 185-223.

R CORE TEAM: **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; <http://www.R-project.org/>, 2012.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999, 359 p.

SALEHI, M.; ALI, F.; NASER, M. Evaluation of different effective trait on seed yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with path analysis. **American-Eurasioan Journal Aricultural Environmental Science**, v. 9, p. 52-54, 2010

SHENKUT, A.A.; BRICK, M.A., Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivty under diverse soil moisture environments. **Euphytica**, v. 133, p. 339-347, 2003

SINGH, S.P. Selection for water-stress tolerance in international populations of common bean. **Crop Science Society of America**, v. 35, p. 118-124, 1995

SOUSA, M.A.; LIMA, M. D. B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. carioca comum. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 550-557, 2010

ZLATEV, Z.S. Effects of water stress on leaf water relations of young bean plants. **Journal Central European Agriculture**, v. 6, p. 5-14, 2005

ZLATEV, Z.; LIDON, F.C. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. **Emirates Journal of Food Agriculture**, v. 24, p. 57-72, 2012

ARTIGO 2

Efeito da restrição hídrica durante a produção na qualidade fisiológica de sementes de feijão

RESUMO

O estresse hídrico é responsável por reduções significativas na produtividade agrícola mundial, sendo considerado o segundo maior limitador da produção, menor apenas que o ataque de pragas. Os efeitos do estresse dependem da fase, da intensidade e da sua duração. A fase reprodutiva é mais sensível ao estresse, podendo ocasionar desde diminuição da produção até redução na qualidade fisiológica das sementes formadas. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da restrição hídrica em campo sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas e a tolerância delas ao estresse hídrico. As sementes foram produzidas no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa sob dois regimes de restrição hídrica (0% e 40% da evapotranspiração), durante vinte dias, aplicados nas fases de florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes, mais o tratamento controle, 100% da lâmina de irrigação durante todo o desenvolvimento. Após a colheita, foram realizados os seguintes testes: grau de umidade, primeira contagem e germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, e crescimento e matéria seca de plântulas. Os dois últimos testes foram realizados em substrato umedecido com solução de polietilenoglicol 6000 a -0,25 MPa (134 g/L), para verificar a tolerância das sementes ao estresse hídrico. As sementes produzidas tiveram elevada qualidade fisiológica, apresentando germinação acima de 95%. As sementes produzidas sob estresse tiveram qualidade similar à das produzidas sem estresse, com exceção das sementes produzidas nos regimes de 0% da evapotranspiração no florescimento e formação de vagens que tiveram menor vigor.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; vigor; estresse hídrico; sementes.

INTRODUÇÃO

O estresse hídrico pode ocasionar perdas na produtividade agrícola mundial da ordem de até 50% (Lisar et al., 2012), sem levar em consideração eventos extremos. Cerca de 65% da área de produção de alimentos no mundo é afetada pelo estresse hídrico (Gerten e Rost, 2010). De todos os estresses bióticos e abióticos a que as plantas estão sujeitas, a falta d'água é considerada o fator mais limitante para a sustentabilidade da agricultura (Chaves et al., 2009; Zlatev e Lidon, 2012).

Da área plantada com feijão no mundo, cerca de 60% é afetada pela falta d'água, sendo este o segundo maior redutor de produção, atrás somente do ataque de pragas (Aguiar et al., 2008). Na América Latina e na África, em 73% e 40% das áreas plantadas não são satisfeitas as necessidades hídricas da planta (Broughton et al., 2003).

O desbalanço entre a quantidade de água absorvida pelas raízes e a quantidade perdida pelo processo de transpiração nas folhas gera nelas o estresse hídrico (Tardieu e Granier, 2011). Ocasiona, também, redução no conteúdo de água nas folhas, diminuição da turgescência, da condutância estomática e da expansão celular, e o ajustamento osmótico das células e do crescimento, além de senescência prematura das folhas e até a morte da planta, dependendo da intensidade (Jaleel et al., 2009; Pinheiro e Chaves, 2011). A magnitude das perdas por estresse dependerá da sua intensidade e duração, do estágio de desenvolvimento da planta e das condições ambientais em que ele ocorrer (Pinheiro e Chaves, 2011; Bertolli et al., 2012).

As condições climáticas, tais como temperatura e precipitação, durante a maturação das sementes, em destaque o estresse hídrico, podem reduzir a sua germinação e o período de viabilidade. O estresse hídrico pode induzir menor germinação. Na fase de enchimento de sementes, o estresse hídrico pode influenciar a qualidade final e as quantidades e os tipos de substâncias de reserva acumuladas (Rassini e Lin, 1981), podendo ocasionar menor vigor.

Em alguns trabalhos, tem-se utilizado o polietilenoglicol 6000 (PEG) para simular um ambiente com estresse hídrico para as sementes germinarem (Moraes e Menezes, 2003; Moraes e Menezes, 2005; Silva et al., 2006; Teixeira et al., 2008). O polietilenoglicol (PEG), por ser um elemento de alto peso molecular, dificulta a absorção de água pelas sementes, proporcionando restrição hídrica além de simular diferentes potenciais osmóticos, dependendo da quantidade utilizada (Moraes e Menezes, 2003). A utilização do PEG mostra-se interessante por permitir simular em

laboratório uma situação real e possibilitar avaliar o efeito da falta d'água de forma controlada, sem interferência de outros fatores externos.

Estudos que avaliaram os danos provocados pelo estresse hídrico nos processos bioquímicos das plantas vêm sendo realizados por vários anos (Flexas et al., 2009; Lawlor e Teraza, 2009; Pinheiro e Chaves, 2011), inclusive em feijão (Aguilar et al., 2008; Miorini et al., 2011). Em sementes, poucos trabalhos têm sido realizados com o intuito de entender o efeito de diferentes lâminas e épocas de irrigação sobre a qualidade final das sementes produzidas (Pasin et al., 1991; Guarçoni et al., 2001; Freitas et al., 2013). Ao explorarem a cultura do feijoeiro, pequenos produtores utilizam-se de sementes salvas da safra anterior, atestando-se que condições adversas durante o desenvolvimento das plantas podem interferir na qualidade das sementes utilizadas no próximo ciclo.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar o efeito da restrição hídrica em campo sobre a qualidade fisiológica das sementes de feijão e a tolerância das mesmas ao estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes foram produzidas no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), coordenadas 20°45'28" S e 42°49'26" W, Viçosa - MG, no período de abril a agosto de 2016. Foi utilizada uma linhagem não comercial, denominada VC 17, desenvolvida pela UFV, planta tipo III, grãos carioca, resistência parcial ao mofo-branco e alta produtividade de grãos. De acordo com Köppen's, o clima de Viçosa é classificado como Cwa (clima tropical de altitude). O solo da área experimental é classificado como argissolo e a adubação foi realizada de acordo com a análise de solo, conforme recomendações para a cultura, considerando-se um nível tecnológico 3 (Ribeiro et al., 1999).

Foram utilizados seis tratamentos em esquema fatorial duplo, mais um tratamento controle adicional, compondo um fatorial 3x2+1: três estádios de desenvolvimento da cultura (florescimento, formação de vagens e enchimento de sementes); duas lâminas de irrigação (0% e 40% da evapotranspiração) calculada segundo a metodologia da FAO-56 (Allen et al., 1998), mantidas durante um período de 20 dias e o tratamento controle (100% da evapotranspiração durante todo o desenvolvimento da cultura). A irrigação foi realizada com a utilização de um sistema

localizado com as fitas gotejadoras dispostas na linha de plantio, com turno de rega de quatro dias, a fim de manter o solo próximo à capacidade de campo durante os períodos em que a restrição hídrica não foi imposta.

Os tratamentos foram: 1) lâmina de 40% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no florescimento da cultura (estádio R6); 2) lâmina de 0% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no florescimento da cultura (estádio R6); 3) lâmina de 40% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado na formação das vagens (estádio R7); 4) lâmina de 0% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado na formação das vagens (estádio R7); 5) lâmina de 40% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no enchimento das sementes (estádio R8); 6) lâmina de 0% da evapotranspiração durante 20 dias, iniciado no enchimento das sementes (estádio R8); e 7) tratamento adicional sem restrição hídrica durante todo o desenvolvimento da cultura.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas, com espaçamento de 0,45 m entre si e 9 m de comprimento. A parcela útil foi composta pelas duas linhas centrais, descartando-se 0,5 m das extremidades das mesmas.

Após as sementes atingirem a maturidade fisiológica (estádio R9), as plantas foram colhidas manualmente e colocadas para secar à sombra por um período de dez dias. Posteriormente, realizou-se a debulha manual das vagens e as sementes foram separadas em peneiras; para avaliação da qualidade fisiológica, foram utilizadas apenas as sementes retidas nas peneiras 9 a 13.

Foram realizados dois experimentos. No primeiro, foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes produzidas sob as diferentes lâminas de irrigação; no segundo experimento, foi avaliada a tolerância ao estresse hídrico das sementes produzidas sob essas condições.

Experimento 1: qualidade fisiológica das sementes

Grau de umidade: foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 h (Brasil, 2009), com três subamostras de aproximadamente 10 g de sementes cada. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Germinação: o teste foi conduzido com três subamostras de 50 sementes por tratamento. As sementes foram colocadas para germinar em rolos de papel *germitest*[®], umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos

foram mantidos em câmara do tipo B.O.D., previamente regulada à temperatura constante de 25 °C (Brasil, 2009), envoltos em sacos plásticos para evitar a perda excessiva de água. As avaliações foram realizadas no quinto dia (primeira contagem) e no sétimo dia (contagem final) após o início do teste. Os resultados foram expressos pela porcentagem de plântulas normais.

Emergência: foi realizada utilizando-se bandejas de isopor contendo areia lavada, mantidas umedecidas com 60% da capacidade de campo. Foram utilizadas três subamostras de 50 sementes para cada tratamento. O teste foi realizado em casa de vegetação, com temperatura próxima de 25 °C. Foi avaliado o número de plântulas emergidas diariamente e, com os dados, foi calculada a porcentagem final de emergência de plântulas, aos 10 dias após a semeadura, e o índice de velocidade de emergência, empregando-se a fórmula de Maguire (1962).

Envelhecimento acelerado: as sementes foram distribuídas uniformemente sobre uma tela de alumínio, em caixa tipo gerbox, contendo no fundo 40 mL de água destilada. As caixas foram mantidas fechadas dentro de uma câmara de germinação tipo B.O.D., a 42 °C, por 96 h. Após este período, procedeu-se ao teste de germinação, conforme metodologia descrita por Brasil (2009). A avaliação foi realizada aos sete dias após o início do teste e os resultados expressos pela porcentagem de plântulas normais.

Condutividade elétrica: foi realizada seguindo-se a metodologia da AOSA (1983), com três subamostras de 25 sementes cada. Estas foram pesadas em balança de precisão de 0,001 g e colocadas em recipiente contendo 75 mL de água destilada. Os recipientes contendo as sementes foram mantidos em câmara tipo B.O.D., sob a temperatura de 25 °C por 24 h, quando efetuaram-se as leituras da condutividade com a utilização do condutivímetro Digimed DM-32. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Comprimento de plântulas: a avaliação foi realizada no sétimo dia após o início do teste; os demais procedimentos foram os mesmos estabelecidos para o teste de germinação, com a diferença de que foram utilizadas dez sementes por repetição, três repetições por tratamento. Para a análise do comprimento da parte aérea, foi considerado apenas o hipocótilo, para a raiz mediu-se da ponta da raiz até o coleto. A medição foi realizada com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros. Foi também obtida a relação comprimento raiz/hipocótilo (Nakagawa, 1999).

Massa seca de plântulas: foram utilizadas as plântulas provenientes do teste de comprimento de plântulas. Estas foram secas em estufa com circulação de ar forçado, sob temperatura de 65 °C, até estabilizar o peso. Os resultados foram expressos em mg/hipocótilo e mg/raiz. Também foi obtida a relação matéria seca raiz/hipocótilo (Nakagawa, 1999).

Experimento 2: tolerância ao estresse hídrico

Para a avaliação da tolerância das sementes ao estresse hídrico, as sementes foram submetidas aos seguintes testes: germinação, comprimento de plântulas e matéria seca de plântulas, conforme metodologia descrita no Experimento 1. Para simular o estresse hídrico, o papel *germitest*[®] foi umedecido com 2,5 vezes o peso do papel seco com solução de polietilenoglicol 6000 na concentração de -0,25 MPa (134,27 g de PEG 6000/L de água) (Villela et al., 1991). O controle consistiu no umedecimento do papel com água destilada.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (R Core Team, 2012). Primeiramente, foram verificadas a normalidade e a homogeneidade dos resíduos, utilizando-se os testes ShapiroWilk e Bartlett. Para os dados que seguiram a normalidade e a homogeneidade de variâncias, foi realizada a análise pelo teste F e, posteriormente, foram comparadas as médias dos tratamentos pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Para o experimento 1, os dados de qualidade fisiológica das sementes foram analisados em esquema fatorial 2x3+1, duas lâminas de irrigação, três estádios, mais tratamento controle. No experimento 2, tolerância das sementes ao estresse hídrico, os dados foram analisados em esquema 7x2, ou seja, sete lotes em campo e dois níveis de estresse hídrico, com e sem PEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1: qualidade fisiológica das sementes

Na Tabela 1, são apresentados os resultados médios dos testes de qualidade fisiológica das sementes, de acordo com as lâminas de irrigação nas diferentes fases de desenvolvimento. Observa-se que não houve efeito das diferentes lâminas, nos diferentes estádios, para nenhuma das características avaliadas.

Tabela 1. Qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas sob restrição hídrica em diferentes fases de desenvolvimento em campo.

Tratamento	G.U. (%)	P.C. (%)	GER (%)	Emergência (%)	I.V.E.	E.A. (%)	C.E. ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	C.A. (cm)	C.R. (cm)	Relação Comp. Raiz/Aéreo	M.S.H. (mg/planta)	M.S.R. (mg/planta)	Relação M. S. Raiz/Aéreo
Controle	10,9	98,2	98,5	92,0	6,95	98,0	66,50	8,84	9,23	1,06	52,30	13,91	0,28
40% Floresc.	10,8	96,8	97,5	96,2	7,53	99,0	63,37	7,47	8,14	1,07	51,02	12,75	0,25
0% Floresc.	10,5	95,7	97,2	95,3	7,40	98,7	67,84	7,11	7,97	1,12	48,48	13,09	0,27
40% Form. Vag.	10,6	99,0	99,2	95,2	7,45	99,0	67,75	8,47	9,20	1,07	55,53	15,21	0,27
0% Form. Vag.	10,1	98,2	98,3	99,3	7,91	99,8	67,35	6,99	9,71	1,44	43,45	13,34	0,31
40% Ench. Sem.	10,8	99,2	99,5	95,3	7,43	99,0	62,35	8,39	8,99	1,07	54,18	13,78	0,26
0% Ench. Sem.	10,3	99,7	100,0	95,5	7,34	99,5	64,76	7,39	7,91	1,09	48,23	12,33	0,25
Média	10,6	98,1	98,6	95,5	7,43	99,0	65,70	7,81	8,73	1,13	50,46	13,49	0,27
F	p=0,24	p=0,107	p=0,124	p=0,204	p=0,296	p=0,513	p=0,569	p=0,651	p=0,936	p=0,681	p=0,706	p=0,766	p=0,334
CV (%)	6,15	2,62	2,10	3,90	6,96	1,21	7,72	27,81	27,50	24,48	21,40	22,65	15,22

G.U.: Grau de umidade; P.C.: Primeira Contagem; GER: Germinação Final; I.V.E.: Índice de velocidade de emergência; E.A.: Envelhecimento acelerado C.E.: Condutividade Elétrica; C.A.: Comprimento da parte aérea; C.R.: Comprimento da raiz; M.S.H.: Matéria Seca do Hipocótilo; M.S.R.: Matéria seca da Raiz. 40% Floresc. - 40% da evapotranspiração no florescimento; 0% Floresc. - 0% da evapotranspiração no florescimento; 40% Form. Vag. - 40% da evapotranspiração na formação de vagens; 0% Form. Vag. - 0% da evapotranspiração na formação de vagens; 40% Ench. Sem. - 40% da evapotranspiração no enchimento de sementes; 0% Ench. Sem. - 0% da evapotranspiração no enchimento de sementes.

Mesmo submetidas ao estresse hídrico no campo, as sementes apresentaram elevada qualidade fisiológica, uma vez que a germinação final média foi superior a 98%. Porém, segundo Pasin et al. (1991), o teste de germinação e primeira contagem são pouco sensíveis para constatar pequenas diferenças de qualidade de sementes provenientes de plantas submetidas a diferentes lâminas de irrigação. Alguns trabalhos demonstram que o vigor sempre é mais afetado que a germinação, quando submetidas ao estresse hídrico, como exemplo em feijão (Miorini et al., 2011), soja (Machado Neto et al., 2006; Carvalho et al., 2016) e feijão-caupi (Freitas et al., 2013).

As diferentes lâminas de irrigação, independentemente do estágio fenológico da cultura, não afetaram o IVE, tendo um valor médio de 7,43. Pasin et al. (1991) e Freitas et al. (2013) encontraram pequena queda no IVE dependendo da época e da duração do estresse hídrico em feijão preto e feijão-caupi, respectivamente. Já Guarçoni et al. (2001) não verificaram diferença no IVE para milho em experimento com diferentes lâminas de irrigação. A qualidade fisiológica das sementes de todos os tratamentos foi elevada, conforme verificado para essa característica. A emergência final após 10 dias foi de 95,5% não variando entre as diferentes lâminas de irrigação, o que confirma a elevada qualidade das sementes.

Pelo teste do envelhecimento acelerado, também não houve efeito das diferentes lâminas, tendo uma média de 99%, demonstrando o elevado vigor das sementes. Guarçoni et al. (2001) encontraram efeito do estresse hídrico nos resultados do teste de envelhecimento apenas para uma das cinco variedades de milho estudadas no trabalho. Estes resultados demonstram que essa característica não é tão afetada, mesmo quando as sementes são produzidas sob estresse hídrico.

Analisando a característica condutividade elétrica, não houve efeito das diferentes lâminas, sendo o valor médio de 65,70 $\mu\text{S/g.cm}$. Segundo Vieira (1996), sob condutividade elétrica de 70 a 80 $\mu\text{S/g.cm}$, consideram-se sementes de soja e feijão de alto vigor; portanto, as sementes produzidas no presente estudo poderiam ser classificadas como de alto vigor.

Não houve efeito das diferentes lâminas para os testes de comprimento e matéria seca da parte aérea e raiz (Tabela 1). Nos diferentes tratamentos, foram observados o elevado vigor das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas.

A elevada qualidade fisiológica das sementes produzidas no presente trabalho pode ser atribuída ao período da restrição hídrica ter sido somente de 20 dias e após este

retornaram-se as lâminas correspondentes a 100% da evapotranspiração, além das lâminas terem sido baixas devido às condições climáticas amenas. Assim, as plantas puderam recuperar-se e produzir sementes de alta qualidade. Outro fator preponderante para as sementes terem mantido a elevada qualidade fisiológica é a textura do solo. Segundo Centurion e Andrioli (2000), solos de textura mais fina, como é o caso de solos argilosos, do presente trabalho, retêm maior porcentagem de água, diante do maior número de espaços porosos e de material coloidal, além de superfície adsortiva maior que solos de textura mais grossa. Assim, o solo manteve uma quantidade de água suficiente para as plantas manterem seu desenvolvimento normal, mesmo quando a irrigação foi suspensa por vinte dias.

Experimento 2: tolerância ao estresse hídrico

Conforme demonstrado nas Figuras 1 e 2, observa-se o efeito das diferentes lâminas de irrigação nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro, avaliadas pelo teste de germinação com substrato umedecido água e com polietilenoglicol 6000, a fim de verificar a tolerância das sementes ao estresse hídrico.

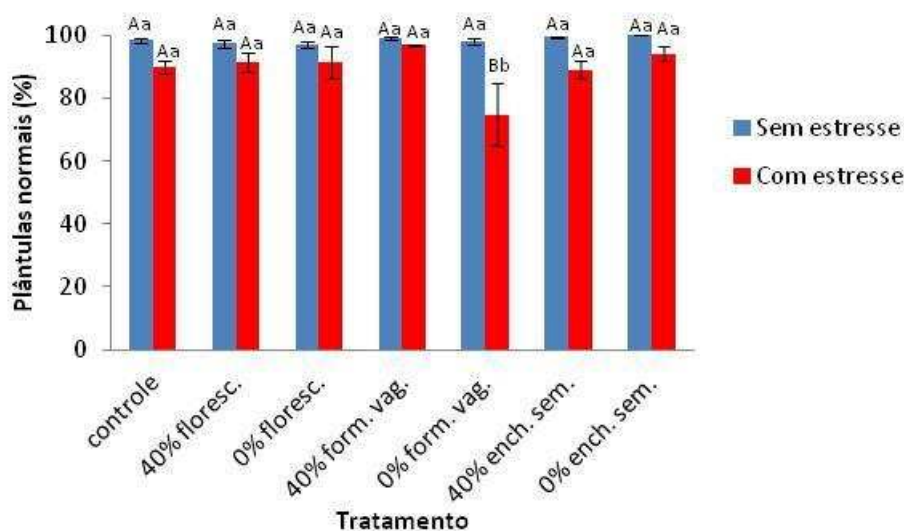


Figura 1 - Germinação de sementes de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

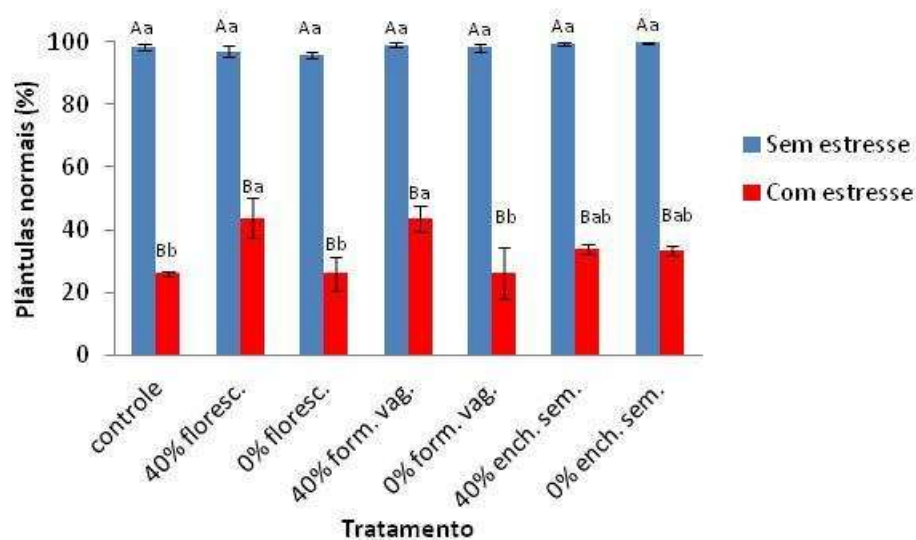


Figura 2 - Primeira contagem do teste de germinação de sementes de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na germinação, houve efeito apenas do estresse com polietilenoglicol ($p=0,044$), não sendo observados efeito das diferentes lâminas e estádios de desenvolvimento (condições de campo) ($p=0,104$), nem interação entre estresse e condição de campo ($p=0,198$). Para a primeira contagem, houve efeito do estresse com PEG ($p<0,001$), das condições de campo ($p=0,023$) e também houve interação entre estresse e condição de campo ($p=0,020$).

Dentre as diferentes épocas e lâminas de irrigação, pode-se observar que, na primeira contagem de germinação sob estresse hídrico, as sementes produzidas sem estresse hídrico (controle), assim como as submetidas a estresse hídrico com 0% da evapotranspiração no florescimento e na formação de vagens, apresentaram menor vigor. As sementes dos tratamentos 40% no florescimento e formação de vagens apresentaram maior vigor dentre as demais no teste de primeira contagem, demonstrando que uma restrição hídrica moderada nestas épocas influencia a qualidade das sementes produzidas. Já na germinação, esta diferença não foi observada, tendo todos os tratamentos igualados, mesmo sob estresse com PEG, com exceção do tratamento 0% na formação de vagens que já na primeira contagem demonstrou menor vigor. Silva et al. (2006), avaliando o potencial de utilização de PEG para determinar a

qualidade fisiológica de sementes de dois lotes de soja sob restrição hídrica, verificaram que houve diminuição na germinação das sementes apenas em lote com menor vigor. As sementes do presente experimento apresentaram elevado vigor, demonstrado pela porcentagem de germinação superior a 98%.

Nas figuras 3 a 5, são apresentados os resultados obtidos no teste de crescimento de plântulas das sementes produzidas sob diferentes regimes hídricos em diferentes épocas de desenvolvimento da planta, com e sem a utilização de polietilenoglicol para simular estresse.

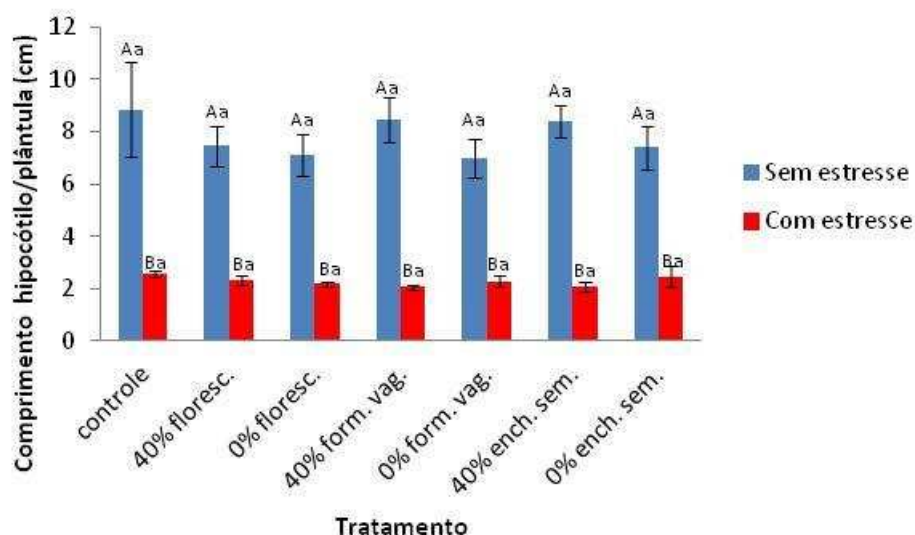


Figura 3 - Comprimento do hipocótilo de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e estresses com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

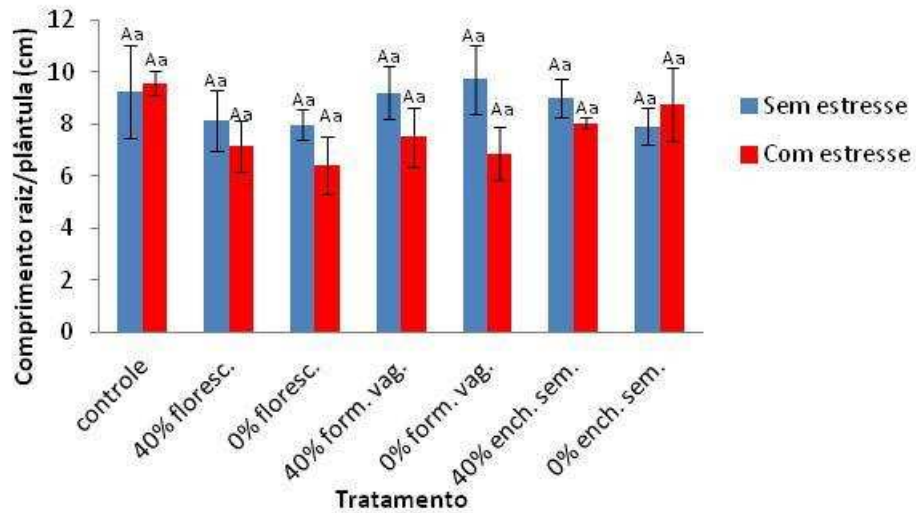


Figura 4 - Comprimento da raiz de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e estresses com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

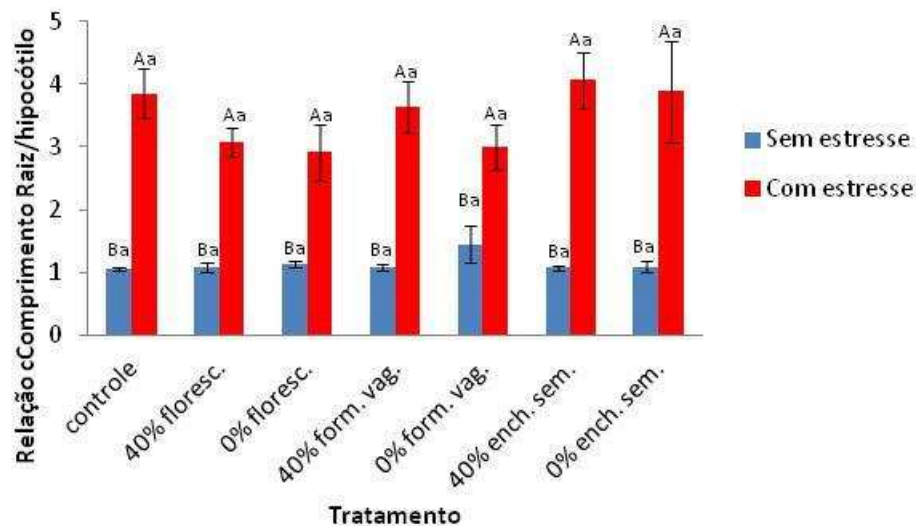


Figura 5 - Relação comprimento raiz-hipocótilo de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e estresses com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

Houve efeito do estresse simulado com solução de polietilenoglicol no comprimento de hipocótilo ($p=0,009$), mas não houve efeito das condições de campo ($p=0,436$), nem da interação entre estresse e condições de campo ($p=0,406$). Para a característica comprimento de raiz, houve efeito significativo do estresse com polietilenoglicol ($p=0,002$), mas não houve das condições de campo ($p=0,292$), nem houve interação entre estresse e condição de campo ($p=0,663$). E, na relação comprimento de raiz/hipocótilo, houve efeito apenas do estresse com polietilenoglicol ($p=0,001$), não sendo observado efeito da condição de campo ($p=0,308$), nem da interação estresse e condição de campo ($p=0,159$).

A diminuição do crescimento do hipocótilo, quando as sementes foram submetidas ao estresse hídrico, pode ser explicada pelo fato de o alongamento e a síntese de parede celular serem sensíveis à falta de água (Hsiao e Xu, 2000).

Quando as sementes foram submetidas ao estresse hídrico com a utilização do polietilenoglicol, houve um aumento na relação comprimento raiz/hipocótilo. Esse aumento se deve ao fato de as plântulas submetidas ao estresse tenderem a desenvolver mais o sistema radicular para conseguirem capturar mais água (Machado Neto et al., 2006). Carvalho et al. (2016), avaliando o efeito de diferentes cultivares de soja, encontraram que cultivares com maior tolerância ao estresse desenvolveram mais o sistema radicular.

Nas figuras 6 a 8, observam-se os resultados de massa seca de plântulas de feijão das sementes produzidas com diferentes regimes hídricos em diferentes épocas de desenvolvimento da planta, com e sem a utilização de polietilenoglicol para simular estresse.

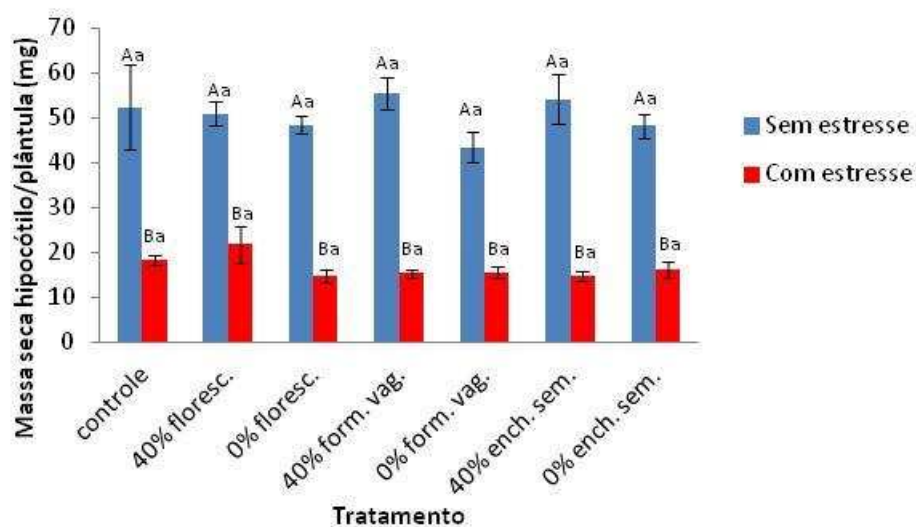


Figura 6 - Massa seca do hipocótilo de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e estresses com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

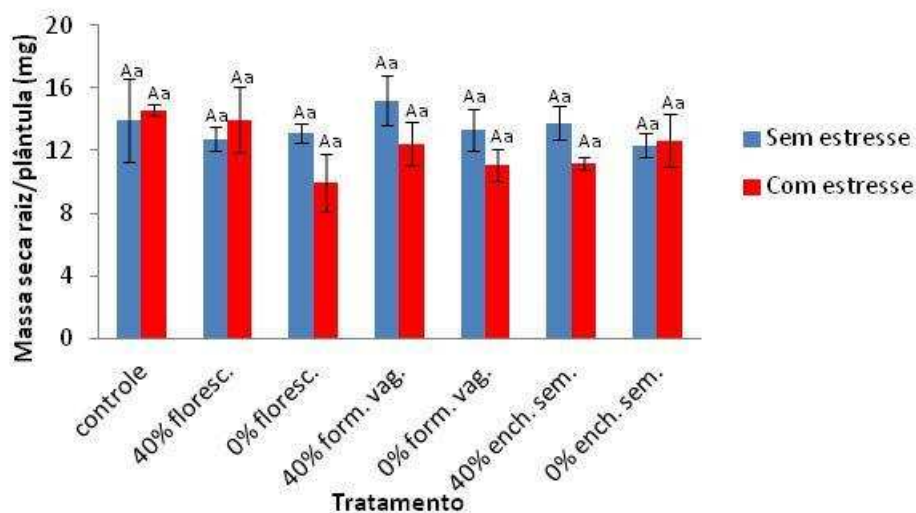


Figura 7 - Massa seca da raiz de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e estresses com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

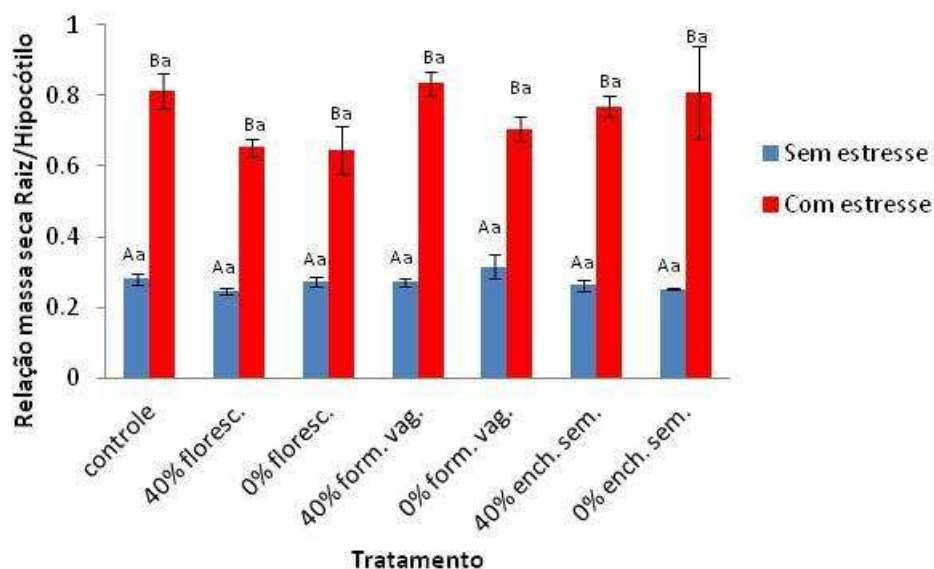


Figura 8 - Relação massa seca raiz-hipocótilo de feijão de acordo com as diferentes lâminas e épocas e estresses com e sem estresse (média \pm erro). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes lâminas e épocas de restrição hídrica pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para diferentes condições de estresse em laboratório pelo teste F a 5% de probabilidade.

Foi verificado efeito do estresse hídrico simulado com polietilenoglicol na massa seca do hipocótilo ($p=0,002$), mas não houve efeito das condições de campo ($p=0,497$), nem interação entre estresse e condições de campo ($p=0,680$). Não houve efeito do estresse com polietilenoglicol na massa seca da raiz ($p=0,110$), nem das condições de campo ($p=0,531$), bem como da interação entre estresse e condições de campo ($p=0,659$). Na relação massa seca raiz/hipocótilo, houve efeito do estresse com polietilenoglicol ($p=0,001$), mas não houve efeito das condições de campo ($p=0,224$), nem da interação estresse e condições de campo ($p=0,304$).

Houve diminuição na massa seca do hipocótilo quando as sementes foram submetidas ao estresse hídrico durante a germinação. Isso pode ser explicado devido à diminuição na disponibilidade de água para o metabolismo das sementes, o que reduz a velocidade das reações metabólicas que irá culminar com o menor acúmulo de matéria seca (Marur et al., 1994). A síntese de carboidratos e o alongamento celular também são diminuídos devido à menor disponibilidade hídrica, resultando assim em menor massa seca das plântulas (Wenkert et al., 1978). Diminuição de crescimento e de matéria seca

de plântulas submetidas ao estresse hídrico já foi demonstrada em soja (Machado Neto et al., 2004) e em feijão (Coelho et al., 2010).

Houve incremento dos valores encontrados para a relação raiz/hipocótilo, tanto para o comprimento (Figura 5), quanto para a massa seca das plântulas (Figura 8) quando submetidas ao estresse hídrico simulado com polietilenoglicol. Estes resultados indicam que, nas plântulas sob estresse hídrico, há favorecimento do crescimento do sistema radicular para poder absorver mais água e diminuir os efeitos danosos desse estresse (Machado Neto et al., 2006).

Comparando-se o vigor das sementes pelos testes de primeira contagem da germinação, comprimento do hipocótilo, relação comprimento raiz/hipocótilo, massa seca do hipocótilo e relação massa seca raiz/hipocótilo das plântulas sem restrição hídrica e sob restrição hídrica, simulado com PEG, percebe-se que com água os valores foram superiores. Para que ocorra a emissão de radícula, são necessárias quantidade mínima de água para o processo de hidratação e ativação do metabolismo das sementes (Verslues et al., 2006). Em condição de estresse, com a utilização do polietilenoglicol, as sementes absorveram menor quantidade de água e em menor intensidade, o que pode ter ocasionado menor velocidade dos processos, resultando assim em plântulas com crescimento mais lento e baixa matéria seca. Isso explica as diferenças observadas na primeira contagem, e que na germinação não foram mais detectáveis.

Outro aspecto observado no presente trabalho é que, com o estresse simulado com PEG, as sementes demoraram mais para absorver água. Assim, na primeira contagem, foi observada diferença de plântulas normais entre os tratamentos com e sem estresse com PEG, porém, esta diferença não foi notada na contagem final, pois o estresse não foi tão severo, tendo apenas atrasado a germinação e o crescimento inicial das plântulas. A redução da germinação e a diminuição na velocidade de germinação, ocasionadas pelo estresse hídrico, são decorrentes da menor velocidade de embebição, da menor turgescência e alongamento celular, além da expressão de algumas proteínas indicativas de estresse (Coelho et al., 2010; Carvalho et al., 2016).

CONCLUSÕES

As sementes produzidas sob restrição hídrica em campo apresentaram qualidade fisiológica similar às sementes produzidas sem restrição hídrica. Com relação à tolerância das sementes ao estresse hídrico, as sementes produzidas com a lâmina de

40% nas fases de florescimento e formação de vagens apresentaram maior vigor, verificado pelo desempenho superior na primeira contagem e germinação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R.S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R.T.; VIDAL, L.H.I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. AOSA, 1983. 93 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BERTOLLI, S.C.; RAPCHAN, G.L.; SOUZA, G.M. Photosynthetic limitations caused by different rates of water-deficit induction in *Glycine max* and *vigna unguiculata*. **Photosynthetica**, v. 50, p. 329-336, 2012

BROUGHTON, H.T.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, v. 252, p. 55-128, 2003

CARVALHO, I.R.; SOUZA, V.Q. de; FOLLMANN, D.N.; NARDINO, M.; SCHMIDT, D.; PELISSARI, G.; BARETTA, D. Desempenho fisiológico de cultivares de soja com regulação hídrica por Manitol. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 31, 2016

CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 701-709, 2000

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551–560, 2009

COELHO, D.L.M.; AGOSTINI, E.A.T.; GUABERTO, L.M.; MACHADO NETO, N.B.; CUSTÓDIO, C.C. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 491-499, 2010

FLEXAS, J.; BARÓN, M.; BOTA, J.; DUCRUET, J.; GALLÉ, A.; GALMÉS, J.; JIMÉNEZ, M.; POU, A.; RIBAS-CARBÓ, M.; SAJNANI, C.; TOMÁS, M.; MEDRANO, H. Photosynthesis limitations during water stress acclimation and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*). **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 2362-2377, 2009

FREITAS, R.M.O.; TORRES, S.B.; NOGUEIRA, N.W.; LEAL, C.C.P.; FARIAS, R.M. de. Produção e qualidade de sementes de feijão caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 370-376, 2013

GERTEN, D.; ROST, S. **Development and Climate Change**: Climate change impacts on agricultural water stress and impact mitigation potential. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Germany, 2010, 8p.

GUARÇONI, R.C.; DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; SILVA, R.F.da. Efeito do armazenamento na qualidade fisiológica das sementes de populações de milho cultivadas sob estresses hídrico e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1479-1484, 2001

HSIAO, T.C.; XU, L.K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 350, p. 1595-1616, 2000

JALEEL, C.A., MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H.J.; SOMASUNDARA, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 11, p. 100-105, 2009

LAWLOR, D.W.; TEZARA, W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. **Annals of Botany**, v. 103, p. 561-579, 2009

LISAR, S.Y.S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M.M.; RAHMAN, I.M.M. Water stress in plants: Causes, effects and responses. In: RAHMAN, M., HASEGAWA, H. (Ed). **Water Stress**; InTech: Rijeka, Croatia, p. 1-14, 2012

MACHADO NETO, N.B.; SATURNINO, S.M.; BOMFIM, D.C.; CUSTÓDIO, C.C. Water stress induced by mannitol and sodiumchloride in soybean cultivars. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 4, p. 521-529, 2004

MACHADO NETO, N.B.; CUSTÓDIO, C.C.; COSTA, P.R.; DONÁ, F.L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 142-148, 2006

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962

MARUR, C.J.; SODEK, L.; MAGALHÃES, A.C. Free aminoacids in leaves of cotton plants under water deficit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, p. 103-108, 1994

MIORINI, T.J.J.; SAAD, J.C.C.; MENEGALE, M.L. Water suppression in different phenological stages of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Irriga**, v. 16, n. 4, p. 360-368, 2011

MORAES DE, G.A.F.; MENEZES, N.L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003

- MORAES DE, G.A.F.; MENEZES, N.L. Comportamento de feijão sob diferentes potenciais osmóticos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 776-780, 2005
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.21.
- OLIVEIRA, P. de.; KLUTHCOUSKI, J. Práticas indutoras do crescimento radicular das principais culturas anuais, com ênfase na cultura do feijoeiro. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H (Ed.). **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, 2009. p. 185-223.
- PASIN, N.H.; SANTOS FILHO, B.G. dos; SANTOS, D.S.B.; MELLO, V.D.C. Desempenho de sementes de feijão provenientes de plantas submetidas a déficit hídrico em dois estádios de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 183-192, 1991
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M.M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal Experimental Botany**, v. 62, p. 869-882, 2011
- R CORE TEAM: **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; <http://www.R-project.org/>, 2012
- RASSINI, J.B.; LIN, S.S. Efeito de períodos de estiagens artificiais durante estádios de desenvolvimento da planta no rendimento e qualidade da semente. **Agronomia Sultigrandense**, v. 17, n. 2, p. 225-237, 1981
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999. 359 p.
- SILVA, T.R.B.; LEMOS, L.B.; TAVARES, C.A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 739-745, 2006
- SILVA, C. da; RIBEIRO, J.R. Zoneamento agroclimático para o feijão (2a safra) nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H (Ed.). **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, 2009. p. 97-104
- TARDIEU, F.; GRANIER, C.; Muller, B. Water deficit and growth. Co-ordinating processes without an orchestrator? **Curr Opin Plant Biol.**, v. 14, p. 283-289, 2011
- TEIXEIRA, L.R.; BRACCINI, A.L.; SPERANDIO, D.; SCAPIM, C.A.; SCHUSTER, I.; VIGANÓ, J. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse em substrato contendo polietileno glicol. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 217-223, 2008

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR, S.A. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, n. 4, 2006

VILLELA, F.A.; CONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, 1991

YOON, Y.; LANG, H.J.; COBB, B.G. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. **HortScience**, v. 32, n. 2, p. 248-250, 1997

ZLATEV, Z.; LIDON, F.C. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. **Emirates Journal of Food Agriculture**, v. 24, p. 57-72, 2012

WENKERT, W.; LEMON, E.R.; SINCLAIR, T.R. Leaf elongation and turgor pressure in field; grown soybean. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 761-764, 1978

CONCLUSÕES GERAIS

O feijoeiro é uma cultura sensível ao estresse hídrico, e os efeitos de tal estresse dependem da intensidade e da fase de desenvolvimento. Houve redução no rendimento por planta número de nós na haste principal, altura de plantas e número de vagens chochas, em função da restrição hídrica imposta sobre as plantas ao longo de seu desenvolvimento.

A restrição hídrica no desenvolvimento da planta irá afetar o vigor das sementes produzidas.

As sementes advindas de plantas desenvolvidas sob restrição apresentaram vigor semelhante às sementes produzidas por plantas sem estresse.