



INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA NO DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE FEIJÃO COMUM

Marconi Batista Teixeira¹, Fernando Nobre Cunha², Gabriela Nobre Cunha³, Wilker Alves Morais², Frederico Antonio Loureiro Soares², Lucas Gomes Vieira⁴

RESUMO: Ao se conhecer a superfície foliar e a alteração da massa da planta durante um determinado período, torna-se possível avaliar a eficiência das folhas e sua contribuição para o crescimento da planta. Objetivou-se avaliar o número de folhas de feijão fertirrigado com vinhaça submetido aos regimes hídricos de sequeiro e irrigado. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), típico, textura média, fase cerrado. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas sub-subdivididas $4 \times 2 \times 2$, com três repetições. Os tratamentos consistiram em quatro doses de vinhaça (0, 100, 200 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$); e dois regimes hídricos (irrigado e de sequeiro) e duas safras (primeira e segunda safra). A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio; foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. As características morfológicas foram realizadas, nas linhas centrais de cada parcela, quantificando-se: número de folhas. O acréscimo na dose de fertirrigação com vinhaça, no feijão com e sem irrigação em primeira safra, proporcionaram elevação no número de folhas do feijão até a dose de $150,84$ e $189,50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, área foliar, vinhoto.

INFLUENCE OF FERTIGATION WITH VINASSE ON LEAF DEVELOPMENT OF COMMON BEAN

¹ Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano, Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, Rio Verde – GO, CEP: 75.901-970, Brasil. Telefone. +55 (64) 8128-2001, e-mail: marconi.teixeira@ifgoiano.edu.br

² Pós-Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano, Rio Verde, GO

³ Pesquisadora, Depto de Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO

⁴ Graduando, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano, Rio Verde, GO

ABSTRACT: By knowing the leaf surface and the change in plant mass over a given period, it becomes possible to assess the efficiency of the leaves and their contribution to plant growth. The objective of this study was to evaluate the number of leaves of bean fertirrigated with vinasse subjected to rainfed and irrigated water regimes. The soil in the experimental area is classified as Dystroferric Red Latosol (LVdf), typical, medium texture, cerrado phase. The experimental design used was randomized blocks, analyzed in a $4 \times 2 \times 2$ sub-subdivided plot, with three replications. The treatments consisted of four doses of vinasse (0, 100, 200 and 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$); two water regimes (irrigated and rainfed) and two harvests (first and second harvest). Fertirrigation with vinasse was carried out 50% of the dose before planting and the other 50%, according to the treatments, 50 days after planting; bean seeds of the cultivar BRS Estilo were used. The morphological characteristics were carried out, in the central lines of each plot, quantifying: number of leaves. The increase in the dose of fertirrigation with vinasse, in beans with and without irrigation in the first harvest, provided an increase in the number of leaves of beans up to the dose of 150.84 and 189.50 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of vinasse.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*, leaf area vinasse.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta importância socioeconômica, visto que é um alimento básico na dieta do brasileiro, o qual é explorado principalmente por pequenos produtores, sendo cultivado em diversas regiões do Brasil por apresentar fácil adaptabilidade (CARNEIRO et al., 2020; BELADELI et al., 2021).

A produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para o consumo humano é caracterizada em grande parte por cultivares com hábito de crescimento indeterminado. O desenvolvimento de novas cultivares de feijão com crescimento determinado e ciclo de desenvolvimento mais curto têm despertado interesse de pesquisas que avaliam as características de crescimento foliar e de produção desses materiais (QUEIROGA et al., 2003). Ao se conhecer a superfície foliar e a alteração da massa da planta durante um determinado período, torna-se possível avaliar a eficiência das folhas e sua contribuição para o crescimento da planta como um todo, além disso essa análise descreve as condições morfofisiológicas da planta, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade através de parâmetros fisiológicos e bioquímicos, em que a determinação do número de folhas, comprimento de folha, largura de folha e área foliar são importantes, pois as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e

subsequente transformação desta em matéria seca, por meio da fotossíntese (BENINCASA, 2003; SILVA et al., 2012).

Objetivou-se avaliar o número de folhas de feijão fertirrigado com vinhaça submetido aos regimes hídricos de sequeiro e irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8°C, concentrando os maiores valores no mês de outubro, com 24,5°C, e os menores valores no mês de julho, com 20,8°C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm, concentrados de outubro a maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), típico, textura média, fase cerrado (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas sub-subdivididas 4 × 2 × 2, com três repetições. Os tratamentos consistiram em quatro doses de vinhaça (0, 100, 200 e 300 m³ ha⁻¹); e dois regimes hídricos (irrigado e de sequeiro) e duas safras (primeira e segunda safra).

A irrigação foi conduzida em base de tensiometria digital de punção com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo as hastes tensiométricas instaladas nas profundidades de 20, 40 e 60 cm de profundidade. As leituras foram realizadas diariamente.

Para o cálculo da lâmina (mm) e do tempo de aplicação (minutos) foram utilizadas as equações 1 e 2:

$$LL = \frac{(\theta_{cc} - \theta_{atual})}{10} \times Z \quad (1)$$

$$Tempo = 60 \times 10^{-3} \left(\frac{LL \times A}{q} \right) \quad (2)$$

Em que:

LL - Lâmina a ser aplicada (mm);

θ_{cc} - Umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), obtida a partir da curva de retenção de água no solo;

θ_{atual} - Umidade do solo no momento da irrigação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Z - Profundidade do solo (cm);

A - Área da parcela irrigada;

Q - Vazão do sistema ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$).

O sistema de irrigação possui sistema de filtragem equipado com filtro de disco de 100 mesh para a retirada de partículas sólidas que porventura possam entrar no sistema. O controle do tempo de aplicação está sendo realizado manualmente.

O cabeçal de controle da irrigação foi instalado na porção mediana da área experimental, composto de filtro, hidrômetro, manômetro, registros e válvulas anti-vácuo. Os registros, liberam a irrigação para o tratamento irrigado, dos registros saem as tubulações de PVC onde foram conectadas as linhas laterais.

Para atender cada parcela com o gotejamento, foi instalado mangueiras de polietileno de baixa densidade, sem furos, conduzindo a água da tubulação em PVC até o início da parcela, onde foi conectado o tubo gotejador.

Foi utilizado um sistema de irrigação localizada, sendo o método de irrigação o subsuperficial e a lâmina de irrigação aplicada foi a de 100% da reposição hídrica. As características técnicas do modelo de gotejador utilizado no experimento são: tubo gotejador de parede delgada com dimensões de 16 mm; vazão de $1,0 \text{ L h}^{-1}$; pressão de serviço de 1,0 bar e espaçamento entre gotejadores de 0,20 m. As linhas laterais tinham 6 m de comprimento, mantendo-se o espaçamento entre gotejadores original, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação; dessa forma foi utilizado uma linha lateral de irrigação para cada linha de feijão.

Na determinação das curvas de retenção de água no solo, as amostras indeformadas do solo foram saturadas e submetidas às tensões de 1, 2, 4, 6, 8 e 10 kPa nos funis de placa porosa, 33, 66, 100, 500 e 1.500 kPa nos aparelhos extratores de Richards (EMBRAPA, 1997). Após realização das análises, as curvas características de água no solo foram obtidas, ajustando-se o conteúdo de água no solo (θ) em função da tensão de água no solo (ψ_m), ajustando-se a equação de van Genuchten (1980) utilizando o programa SWRC (DOURADO NETO et al., 2001), conforme equação 3:

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \times |\psi_m|)^n]^m} \quad (3)$$

Em que:

θ - umidade volumétrica, $m^3 m^{-3}$;

θ_r - umidade volumétrica residual, $m^3 m^{-3}$;

θ_s - umidade volumétrica na saturação, $m^3 m^{-3}$;

m, n e α - parâmetros de ajuste. Com $m = 1-1/n$ (MUALEM, 1976).

A Tabela 1 mostra os parâmetros da equação de van Genuchten (1980).

Tabela 1. Parâmetros da equação de Van Genuchten conforme os dados obtidos.

Parâmetros				
Teta R	Teta S	Alfa	n	m
0,3002	0,5721	0,0879	1,5826	0,368128

A fertirrigação com vinhaça foi realizada 50% da dose antes do plantio e os outros 50%, de acordo com os tratamentos, aos 50 dias após o plantio (SOUSA & LOBATO, 2004) (Tabela 2); foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo.

Tabela 2. Características químicas da vinhaça.

Elementos										
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	M.O.	Cu	Fe	Mn	Zn
-----kg m ⁻³ -----						-----g m ⁻³ -----				
0,31	0,14	1,68	0,54	0,32	1,46	19,67	6,05	7,54	3,55	2,07

¹Matéria orgânica (M.O.).

A adubação nitrogenada na forma de ureia foi parcelada em dois momentos, no sulco de plantio e em cobertura aplicados aos 20 e 35 dias após a emergência (DAE). Todos os tratamentos foram adubados no sulco de plantio com fósforo (P₂O₅) na forma de superfosfato triplo, e micronutrientes, caso necessário, conforme resultados da análise de solo (Tabela 3) e segundo recomendações de Sousa & Lobato (2004).

As parcelas experimentais, mediam 6 m × 2 m, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio com 12 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

Os tratos culturais referentes ao uso de herbicidas, inseticidas, fungicidas e demais produtos relacionados com o controle de plantas invasoras, pragas e doenças foram utilizados de acordo com a necessidade e a avaliação de infestação, conforme realizado comercialmente.

A característica morfológica foi avaliada nas linhas centrais de cada parcela, quantificando-se: número de folhas de feijão comum.

Tabela 3. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental.

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
cm	H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----mmol dm ⁻³ -----							%
0-20	6,20	63,42	7,06	2,04	20,4	16,8	0	57,75	41,8	99,5	41,9
20-40	6,60	44,47	2,65	4,09	14,4	13,2	0	44,55	31,7	76,2	41,6
Prof	B		Cu		Fe		Mn		Zn		
cm	-----mg dm ⁻³ -----										
0-20	0,17		4,10		35,85		18,80		1,45		
20-40	0,16		2,85		35,80		16,10		1,35		
Prof	Granulometria			θ_{CC}	θ_{PMP}	Ds	PT	Classif. Textural			
cm	g kg ⁻¹			---m ³ m ⁻³ ---	g cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³	-			
0-20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,50	1,27	0,55	Franco Argiloso			
20-40	374,9	158,3	466,8	55,00	31,33	1,28	0,51	Argila			

¹CC – Capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; Al: KCl 1 mol L⁻¹; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em CaCl₂; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$) e em casos de significância, para os níveis de fertirrigação com vinhaça, foi realizada análise de regressão, para os regimes hídricos e as safras as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de folhas do feijão (cultivar BRS Estilo) irrigado e sequeiro em função das doses de vinhaça, para a primeira e segunda safra, adequaram-se a modelos quadráticos com R² médio de 78,97% (Figura 1A e B). O acréscimo na dose de fertirrigação com vinhaça, no feijão irrigado em primeira safra, proporcionaram elevação no número de folhas do feijão até a dose de 150,84 m³ ha⁻¹ de vinhaça, com a aplicação desta dose de vinhaça foi atingido o número de folhas máximo de aproximadamente 24,82. O número de folhas máximo verificada na dose de vinhaça de 150,84 m³ ha⁻¹, foi 23,65; 2,69; 2,51 e 23,13% maior do que o número de folhas observada nas doses de vinhaça de 0, 100, 200 e 300 m³ ha⁻¹, respectivamente (Figura 1A). Nascimento et al. (2011), trabalhando com irrigação de feijão caupi, constataram maiores reduções no número de folha por planta, 23 e 35%, respectivamente, para os níveis de 60 e 40% de água disponível do solo.

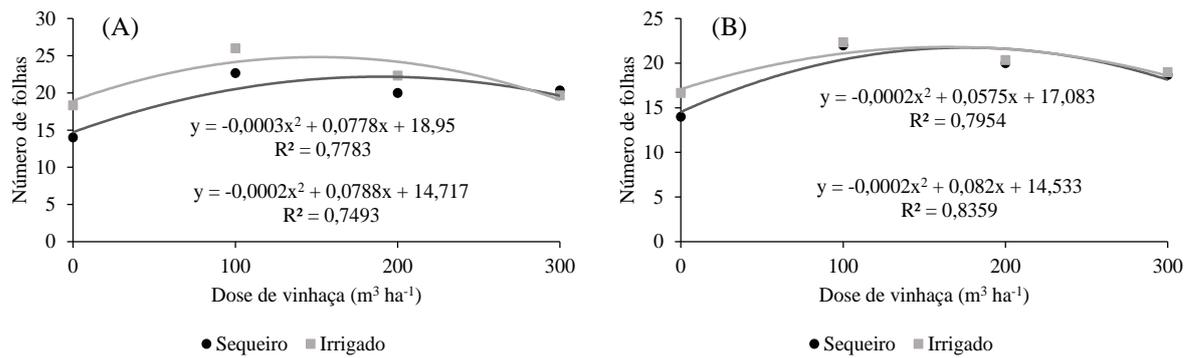


Figura 1. Número de folhas do feijão em função das doses de vinhaça na primeira safra (A) e segunda safra (B).

A elevação na dose de fertirrigação com vinhaça, no feijão irrigado em segunda safra, promoveu o acréscimo no número de folhas do feijão até a dose de 164,29 m³ ha⁻¹ de vinhaça, com a aplicação desta dose de vinhaça foi atingido o número de folhas máxima de aproximadamente 21,81. O número de folhas máximo verificada na dose de vinhaça de 164,29 m³ ha⁻¹, foi 21,66; 3,32; 1,02 e 14,78% maior do que o número de folhas observada nas doses de vinhaça de 0, 100, 200 e 300 m³ ha⁻¹, respectivamente (Figura 1B). Oliveira et al. (2004) constataram que quanto menor o número de folhas, menor será a área foliar, refletindo-se diretamente na produtividade das culturas.

O número de folhas do feijão irrigado em primeira safra foi 9,09; 14,10 e 8,95% maior do que o número de folhas do feijão irrigado e na segunda safra, para as doses de vinhaça de 0, 100 e 200 m³ ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Número de folhas do feijão fertirrigado com vinhaça para a primeira safra e segunda safra.

Doses de vinhaça (m ³ ha ⁻¹)	Safra ¹	Regimes hídricos ²			
		Irrigação		Sequeiro	
0	Primeira	18,33	Aa	14,00	Ba
	Segunda	16,67	Ab	14,00	Ba
100	Primeira	26,00	Aa	22,67	Ba
	Segunda	22,33	Ab	22,00	Aa
200	Primeira	22,33	Aa	20,00	Ba
	Segunda	20,33	Ab	20,00	Aa
300	Primeira	19,67	Aa	20,33	Aa
	Segunda	19,00	Aa	18,67	Ab

¹Safra de verão (primeira safra) e safra de outono-inverno (segunda safra). ²Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, e maiúscula nas linhas, não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A primeira safra em relação a segunda safra não apresentou diferença no número de folhas do feijão sequeiro nas doses de vinhaça de 0, 100 e 200 m³ ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). O

número de folhas do feijão sequeiro em primeira safra foi 8,20% maior do que o número de folhas do feijão sequeiro em segunda safra, para a dose de vinhaça de 300 m³ ha⁻¹.

A diminuição do número de folhas é considerada por Taiz & Zeiger (2004) uma reação comum das plantas em situações de déficit hídrico, quando a abscisão foliar é estimulada pela síntese acentuada e maior sensibilidade ao etileno.

O número de folhas do feijão irrigado em primeira safra foi 23,63; 12,82 e 10,45% maior do que o número de folhas do feijão sequeiro em primeira safra, para as doses de vinhaça de 0, 100 e 200 m³ ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). O número de folhas do feijão irrigado em segunda safra foi 16,00% maior do que o número de folhas do feijão sequeiro em segunda safra, para a dose de vinhaça de 0 m³ ha⁻¹ (Tabela 4).

CONCLUSÕES

O acréscimo na dose de fertirrigação com vinhaça, no feijão com e sem irrigação em primeira safra, proporcionaram elevação no número de folhas do feijão até a dose de 150,84 e 189,50 m³ ha⁻¹ de vinhaça, respectivamente.

O número de folhas do feijão irrigado em primeira safra apresenta uma diferença de até 14,10% maior do que o número de folhas do feijão irrigado em segunda safra, quando levado em consideração todas as doses de vinhaça.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELADELI, M. N.; COSTA, A. C. T. DA; MISSIO, V. C.; DUARTE JÚNIOR, J. D.; GÊNERO, J. F. DE S. Aplicação de fungicidas e *Trichoderma asperellum* para o manejo de doenças do feijoeiro na safra das águas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p.25143-25161, 2021.
- CARNEIRO, A. R. T.; SANGLARD, A. M.; AZEVEDO, A. M.; SOUZA, T. L. P. O. DE; PEREIRA H. S.; MELO, L. C.; CARNEIRO, P. C. S. Fuzzy logic applied to different adaptability and stability methods in common bean. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.55, 2020.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMAN, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Soil Water Retention Curve (SWRC)**. Version 3.0, Piracicaba, 2001. Software.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do abastecimento, 1997. 212p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do abastecimento, 306p., 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
- NASCIMENTO, S. P. DO; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R. F; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, p.853-860, 2011.
- OLIVEIRA, R. A. DE; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H., IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D. K. T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná: Taxas de crescimento. **Scientia Agrária**, v.5, p.87-94, 2004.
- QUEIROGA, J. L.; ROMANO, E. D. U.; SOUZA, J. R. P; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 64-68, março 2003.

SILVA, R. R.; SCARIOTTO, S.; MALAGI, G.; MARCHESE, J. A. Análise de crescimento em feijoeiro cultivado sob diferentes densidades de semeadura. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.13, n.2, p.41-51, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 416p. 2004.