

DESENVOLVIMENTO FOLIAR DO FEIJÃO COMUM IRRIGADO E SOB APLICAÇÃO DE VINHAÇA

Wilker Alves Morais¹, Marconi Batista Teixeira², Fernando Nobre Cunha³, Frederico Antonio Loureiro Soares², Leonardo Nazário Silva dos Santos², Christiano Lima Lobo de Andrade³

RESUMO: A área foliar é uma característica importante na avaliação da eficiência fotossintética, crescimento, relacionado com o metabolismo da planta e a produção final. Objetivou-se avaliar a área foliar de feijão fertirrigado com vinhaça submetido aos regimes hídricos de sequeiro e irrigado. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), típico, textura média, fase cerrado. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas $4 \times 2 \times 8$, com três repetições. Os tratamentos consistiram em quatro doses de vinhaça (0, 100, 200 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$); dois regimes hídricos (irrigado e de sequeiro) e dos dias após a emergência (12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 e 96 DAE). 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 variáveis avaliadas foram área foliar específica e área foliar. A área foliar específica do feijão irrigado foi 22,39 e 5,70% maior do que a área foliar específica do feijão sequeiro, para as doses de vinhaça de 0 e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.

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

LEAF DEVELOPMENT OF COMMON BEAN IRRIGATED AND UNDER VINASSE APPLICATION

ABSTRACT: Leaf area is an important feature in the assessment of photosynthetic efficiency, growth, related to plant metabolism and final production. The objective was to evaluate the leaf area of beans fertirrigated with vinasse submitted to rainfed and irrigated water regimes. The

¹ Pesquisador, IF Goiano, campus Rio Verde, Rod. Sul Goiana, Caixa Postal 01, CEP: 75901-970, Rio Verde, GO. Fone: (64) 9 9699-6501. e-mail: wilker.alves.morais@gmail.com

² Prof. Doutor, Depto de Irrigação e Drenagem, IF Goiano, Rio Verde, GO

³ Pós-Doutor, Depto de Irrigação e Drenagem, IF Goiano, Rio Verde, GO

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 $4 \times 2 \times 8$ 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 the days after emergence (12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 and 96 DAE). 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 evaluated variables were specific leaf area and leaf area. The specific leaf area of irrigated bean was 22.39 and 5.70% greater than the specific leaf area of rainfed bean, for vinasse doses of 0 and $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectively.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*, photosynthesis, leaf area, vinasse.

INTRODUÇÃO

O cultivo do feijoeiro comum é de grande relevância no cenário socioeconômico, principalmente devido ao seu cultivo ser realizado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, logo o Brasil tem destaque no cenário internacional como o maior produtor e consumidor de feijão, sendo a produtividade média ainda considerada baixa, isso ocorre basicamente por causa do manejo inadequado da cultura (CABRAL et al., 2011; SILVA et al., 2019), além disso ataques de pragas, doenças, excesso de chuvas, secas e muitos outros, são fatores diretamente relacionados à perda de área foliar e conseqüentemente de produção e qualidade de grãos (MARCHI, 2008).

As folhas são os principais órgãos responsáveis pelo aproveitamento da energia solar por uma cultura, a qual é transformada em energia química durante o processo fotossintético, logo a área foliar é uma característica importante na avaliação da eficiência fotossintética, crescimento, relacionado com o acúmulo de matéria seca, metabolismo da planta, produção final, qualidade e maturação das culturas (BUSATO et al., 2009; MARCON, 2009).

A área foliar tende a aumentar gradativamente até alcançar seu máximo, iniciando um decréscimo devido à senescência das folhas mais velhas, sendo assim quanto mais rápido a cultura atingir o índice de área foliar máximo e mais tempo conseguir mantê-lo, maior será seu rendimento (MANFRON et al., 2003).

Objetivou-se avaliar a área foliar 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 × 8, 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 quatro épocas de avaliações (12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 e 96 dias após a emergência).

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 (cm³ cm⁻³), obtida a partir da curva de retenção de água no solo; θ_{atual} - Umidade do solo no momento da irrigação (cm³ cm⁻³); Z - Profundidade do solo (cm); A - Área da parcela irrigada; Q - Vazão do sistema (m³ 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 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:

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

Em que: θ - umidade volumétrica, m³ m⁻³; θ_r - umidade volumétrica residual, m³ m⁻³; θ_s - umidade volumétrica na saturação, m³ 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 Genutchen 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).

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.

As parcelas experimentais, mediam $6\text{ m} \times 2\text{ m}$, cada parcela contendo quatro linhas de feijão no espaçamento de $0,5\text{ m}$ 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.

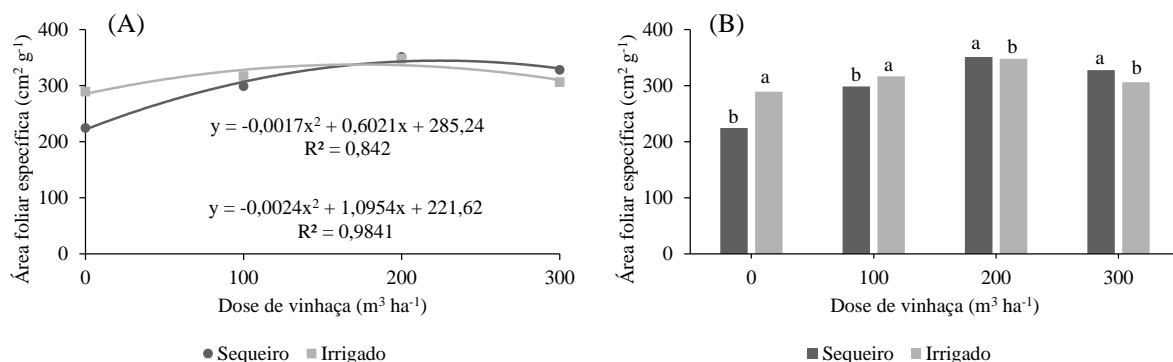
Os tratos culturais referentes ao uso de herbicidas, inseticidas, fungicidas e demais produtos relacionados com o controle de plantas invasoras, pragas e doenças foram utilizados de acordo com a necessidade e a avaliação de infestação, conforme realizado comercialmente.

As características morfológicas foram avaliadas nas linhas centrais de cada parcela, quantificando-se: área foliar específica e área foliar. A área foliar foi determinada medindo-se comprimento e a largura da folha pelo auxílio de uma régua.

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 e épocas de avaliações foi realizada análise de regressão, para os regimes hídricos as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A elevação na dose de fertirrigação com vinhaça no feijão irrigado, promoveu o acréscimo na área foliar específica do feijão até a dose de $177,09\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de vinhaça, com a aplicação desta dose de vinhaça foi atingido a área foliar específica máxima de aproximadamente $338,55\text{ cm}^2\text{ g}^{-1}$. A área foliar específica máxima verificada na dose de vinhaça de $177,09\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, foi 15,75; 2,98; 0,26 e 7,59% maior do que a área foliar específica observada nas doses de vinhaça de 0, 100, 200 e $300\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, respectivamente (Figura 1A). O aumento na dose de fertirrigação com vinhaça no feijão sequeiro, proporcionaram incrementos na área foliar específica do feijão até a dose de $228,21\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de vinhaça, com a aplicação desta dose de vinhaça foi atingido a área foliar específica máxima de aproximadamente $346,61\text{ cm}^2\text{ g}^{-1}$. A área foliar específica máxima verificada na dose de vinhaça de $228,21\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, foi 36,06; 11,38; 0,55 e 3,57% maior do que a área foliar específica observada nas doses de vinhaça de 0, 100, 200 e $300\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, respectivamente (Figura 1A). Quando os solos apresentam baixos teores de potássio, as plantas respondem a adubação potássica (MEURER, 2006); com isso o crescimento do caule, o número de folhas e a área foliar ficam reduzidos, e as flores caem precocemente (ANDRADE JUNIOR et al., 2002).



Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, e maiúscula nas linhas, não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1. Área foliar específica do feijão em função das doses de vinhaça (A) e em relação aos regimes hídricos (B).

A área foliar específica do feijão irrigado foi 22,39 e 5,70% maior do que a área foliar específica do feijão sequeiro, para as doses de vinhaça de 0 e 100 m³ ha⁻¹, respectivamente; já para as doses de vinhaça de 200 e 300 m³ ha⁻¹, a área foliar específica do feijão sequeiro foi 0,95 e 6,60% maior do que a área foliar específica do feijão irrigado (Figura 1B).

Comportamento dos dados para AF e AFE, pode ser observado na Figura 2. Acréscimo de 41,24 cm² para AF e decréscimo de 1,2 cm² g⁻¹ para AFE pode ser observado a cada 12 DAE. Desta forma, quanto maior a AF, maior a capacidade das plantas em utilizar a luz e realizar fotossíntese. Independentemente da irrigação, maior AF foi observada aos 96 DAE, com média estimada de 1997,3 cm². Já se conhece, que a capacidade de manter a área foliar por um longo período constitui-se em um importante indicativo de materiais mais produtivos, pois significa um melhor desempenho do aparato fotossintético (MAGALHÃES, 1979; BASTOS, 2015). A AF representa matéria prima para a fotossíntese e, como tal, é de grande importância para produção de carboidratos, óleos, proteínas e fibras etc. (MARAFON, 2012).

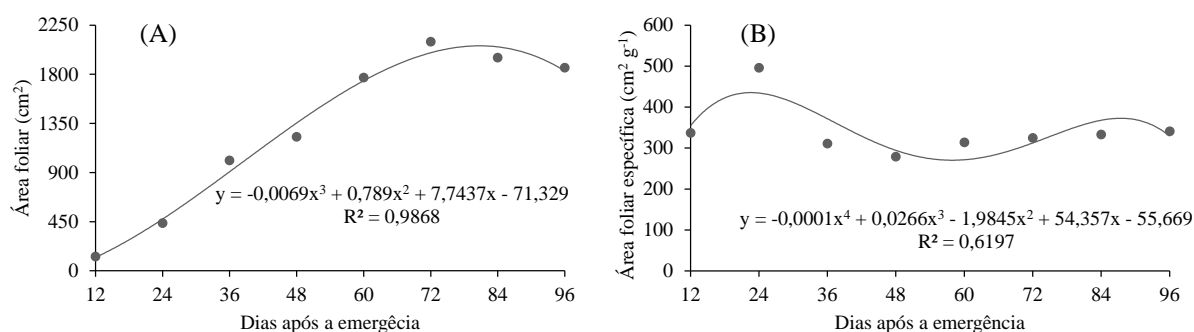


Figura 5. Área foliar (A) e área foliar específica (B) de feijão (cultivar BRS Estilo) fertirrigado com vinhaça em função dos dias após a emergência.

O decréscimo observado para AFE em função dos DAE (Figura 2B) demonstra que as plantas de feijão ao avançar o seu desenvolvimento aumentam a espessura do mesofilo, conseqüentemente maior a quantidade de células realizando fotossíntese e fixando carbono.

Sendo assim, o decréscimo observado para AFE em função dos DAE pode ser considerado benéfico para a planta em estudo.

CONCLUSÕES

A elevação na dose de fertirrigação com vinhaça no feijão irrigado, promove o acréscimo na área foliar específica do feijão até a dose de 177,09 m³ ha⁻¹ de vinhaça, com a aplicação desta dose de vinhaça foi atingido a área foliar específica máxima de aproximadamente 338,55 cm² g⁻¹.

A área foliar específica do feijão irrigado foi 22,39 e 5,70% maior do que a área foliar específica do feijão sequeiro, para as doses de vinhaça de 0 e 100 m³ ha⁻¹, respectivamente.

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

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; et al. **Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002.

BASTOS, F. J. C. **Feijoeiro cultivado sob aplicação de osmoprotetores à base de extratos de algas e supressão de irrigação**. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde 74p., 2015.

BUSATO, C., FONTES, P. C. R., BRAUN, H., BUSATO, C. C. M. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. **Revista Ciência Agronômica**, 41: 702-708, 2009.

CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; SOARES, Y. J. B.; SILVA, J. A. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.132-138, 2011.

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.

MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D.; PEREIRA, A. R.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; PILAU, F. G. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.2, p.333-342, 2003.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em Cana-de-açúcar: Introdução ao procedimento prático**. Documentos: Embrapa, Dezembro, 2012.

MARCHI, S. L. **Interação entre desfolha e população de plantas na cultura do milho na região oeste do Paraná**. Marechal Cândido Rondon, 2008. 58p.

MARCON, M. **Modelos matemáticos para estimativa da área foliar de um cafeeiro por meio de análise de imagens**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, p.1-93, 2009.

MEURER, E. J. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 282-294. 2006.

SILVA, R. L.; SILVA, F. A.; ISAZA, C. A.; SAMPAIO, A. C. A. Comportamento de genótipos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) nas condições de um município no Nordeste brasileiro. **Environmental Smoke**, v. 2, n. 2, p.1-22, 2019.

W. A. Morais et al.

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