



Índices de estresse salino e parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido

Douglas Gonçalves Guimarães¹, Cláudio Lúcio Fernandes Amaral¹, Leandro Menezes Oliveira¹,
Murilo Oliveira Guedes¹

RESUMO: A água de irrigação com acentuada salinidade afeta muitas culturas, como o feijão-caupi, que é muito cultivada em regiões áridas e semiáridas, e estudos que visem avaliar parâmetros genéticos, bem como o comportamento das plantas sob estresse salino, são de suma importância para melhor entendimento da cultura e a escolha da cultivar para o plantio. Com o objetivo de avaliar índices de estresse salino e estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi cultivados em vaso sob ambiente protegido, este estudo foi realizado sob esquema fatorial 8 x 4, com oito cultivares de feijão-caupi (BRS Itaim, BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Rouxinol, BRS Xiquexique, BRS Pujante e BRS Pajeú), submetidas a quatro níveis de estresse salino na água de irrigação (sem estresse salino e com estresse leve, moderado e severo). A cultivar BRS Novaera, apesar de possuir alta tolerância e pouca susceptibilidade ao estresse salino, apresenta baixa produtividade de grãos, enquanto que as cultivares BRS Pajeú e BRS Pujante são susceptíveis à salinidade, porém apresentam altos valores de produtividade de grãos sob estresse salino. Também foi observado que a característica produtividade de grãos se destaca com altos valores de herdabilidade e ganho genético em porcentagem da média e, pelas correlações, observa-se que esse traço pode ser melhorado com seleção indireta, selecionando plantas mais altas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; salinidade; produtividade de grãos; melhoramento de plantas.

Saline stress indices and genetic parameters in cowpea cultivars in pots under a protected environment

ABSTRACT: Irrigation water with high salinity affects many crops, such as cowpea, which is widely cultivated in arid and semi-arid regions, and studies that aim to evaluate genetic parameters, as well as the behavior of plants under saline stress, are of paramount importance for a better understanding of the culture and the choice of cultivar for planting. With the objective of evaluating salt stress indices and estimates of genetic parameters of cowpea cultivars grown in pot under a protected environment, this study was carried out under an 8 x 4 factorial scheme, with eight cowpea cultivars (BRS Itaim, BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Rouxinol, BRS Xiquexique, BRS Pujante and BRS Pajeú), subjected to four levels of saline stress in the irrigation water (without saline stress and with mild, moderate and severe stress) The cultivar BRS Novaera, despite having high tolerance and low susceptibility to saline stress, has low grain yield, while the cultivars BRS Pajeú and BRS Pujante are susceptible to salinity, but have high values of grain yield under saline stress. It was also observed that the trait grain yield stands out with high values of heritability and genetic gain in percentage of the average and, by the correlations, it is observed that this trait can be improved with indirect selection, selecting taller plants.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; salinity; grain yield; plant breeding.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é muito cultivado em todo o mundo, em especial em regiões semiáridas ou áridas onde o teor de sais presentes no solo ou na água de irrigação pode influenciar negativamente na capacidade produtiva da espécie (AQUINO et al. 2017). Na região Nordeste, a demanda maior por água de irrigação tem levado à utilização da maioria das fontes hídricas disponíveis, o que pode levar a muitos agricultores utilizarem águas de diferentes níveis de salinidade em algum momento do ciclo das culturas (COSTA et al., 2012).

A irrigação é uma das tecnologias aplicadas na agricultura que mais tem contribuído para o aumento na produção de alimentos. No entanto, o uso

inadequado dessa técnica vem causando problemas de degradação de solos, sendo a salinização um dos principais problemas encontrados atualmente nas áreas irrigadas, notadamente nas regiões áridas e semiáridas (MURTAZA et al., 2006). Os sais presentes na água de irrigação causam, dentre outros problemas, o retardo do crescimento das plantas (PEREIRA FILHO et al., 2017).

A crescente necessidade de se aumentar a produção de alimentos tem elevado significativamente a expansão das áreas cultivadas. No entanto, essa busca não leva em conta apenas a expansão das áreas agrícolas, mas também o uso de águas consideradas de qualidade inferior, bem como

Recebido em 06/03/2021; Aceito para publicação em 21/05/2022

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)

*email: douglasgg@hotmail.com

a reutilização de água de drenagem com elevados teores de sais e a utilização de espécies, ou mesmo genótipos, com elevada rentabilidade quando irrigadas com esses tipos de água (ANDRADE et al., 2013).

A irrigação manejada de maneira incorreta aumenta a salinidade do solo, e a salinização de terras cultiváveis é um problema crescente em todo o mundo; embora plantas halófitas (plantas que completam seus ciclos de vida em ambientes salinos) sejam adaptadas a ambientes com alto teor de sal, estes ambientes são deletérios para glicófitas (plantas incapazes de resistir aos sais no mesmo teor que as halófitas), que incluem a maioria das espécies cultivadas (TAIZ et al., 2017).

Os sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente, limitando a retirada de água por meio da modificação de processos osmóticos, ou quimicamente, por reações metabólicas, tais como as causadas por constituintes tóxicos. Dessa forma, os efeitos dos sais nos solos, causando variações na estrutura, permeabilidade e aeração do solo, afetam indiretamente o crescimento das plantas (SILVA, et al., 2011).

Os efeitos negativos da salinidade estão diretamente relacionados ao crescimento e rendimento das plantas e, em casos extremos, resultam na perda total da cultura. Pode prejudicar a própria estrutura do solo, em virtude de teores elevados de sódio provocarem a dispersão das frações de argila e, conseqüentemente, diminuir a permeabilidade do solo (DIAS, BLANCO, 2010).

Estimar parâmetros genéticos em culturas, como o feijão-caupi, é muito importante para melhor entendimento do material que está trabalhando e é imprescindível em qualquer programa de melhoramento genético.

Conforme Santos et al. (2018), o conhecimento da variabilidade genética nos programas de melhoramento permite a seleção de genitores que originam população com maior proporção de recombinantes desejáveis. De acordo com Vasconcelos et al. (2015), o que interessa para os melhoristas é a obtenção de variabilidade que, efetivamente, resulte em ganhos genéticos significativos. Para Gerrano et al. (2015), informações sobre a variabilidade genética entre os genótipos de feijão-caupi existentes aumentarão a eficiência da melhoria dessa cultura.

A intensidade do estresse causado pela salinidade da água nas culturas irá depender, principalmente, do nível de tolerância da espécie ou genótipo utilizado (ANDRADE et al. 2018). Para Coelho et al. (2017), a utilização de variedades e/ou cultivares tolerantes ao estresse salino tem sido essencial para o estabelecimento de culturas comerciais em áreas salinas. Assim, estudos que visem avaliar o

comportamento de cultivares sob estresse salino são de suma importância para melhor escolha no plantio, como também é de grande importância informações sobre estimativas de parâmetros genéticos na cultura do feijão-caupi.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar índices de estresse salino e estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi cultivados em vaso sob ambiente protegido,

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA, com altitude média de 886 metros e sob coordenadas geográficas 14°53'03'' de latitude Sul e 40° 47'58'' de longitude Oeste. As cultivares de feijão-caupi foram semeadas em vasos de polietileno com capacidade de 20 litros, com quatro furos no fundo para escoamento da água e preenchido com 12,2 litros de solo em ambiente protegido, coberto por polietileno e com tela preta de 50% de sombreamento nas laterais.

O solo utilizado foi classificado como franco argilo arenoso, com granulometria de 67% de areia grossa, 10% de areia fina, 7% de silte e 16% de argila e com análise química apresentando: pH em água 5,4; P 40,0 mg dm⁻³ (Extrator Mehlich-1); K⁺ 0,30 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ 2,9 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ 0,9 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ 0,1 cmol_c dm⁻³; H: 2,4 cmol_c dm⁻³; Soma de Bases 4,5 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva 4,6 cmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0 7,0 cmol_c dm⁻³; Saturação por bases 64%; Saturação por alumínio 2% e matéria orgânica 13,0 g dm⁻³.

Não foi necessária a realização de calagem e, para adubação de plantio, foi utilizado o equivalente a 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (4,37 mg dm⁻³ de P), na forma de superfosfato simples, e 20 kg ha⁻¹ de K₂O (8,33 mg dm⁻³ de K), na forma de cloreto de potássio. Aos 15 dias após a emergência das plantas, para adubação de cobertura, foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N (15 mg dm⁻³), na forma de ureia, conforme recomendação da cultura de feijão-caupi, baseada pela análise de solo (MELO; CARDOSO, 2017).

Em fevereiro de 2019 foi realizada a semeadura, colocando-se quatro sementes por vaso e destas, permaneceram as duas mais vigorosas, quando apresentaram dois pares de folhas definitivas. Com 87 dias após a semeadura (DAS), foi realizada a colheita.

O trabalho foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 8 x 4, com quatro repetições, totalizando 32 tratamentos e 128 parcelas. Foram utilizados oito cultivares de feijão-caupi de portes diferentes. BRS Itaim, com porte ereto; as cultivares BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Rouxinol, apresentam porte semiereto; e as cultivares BRS Xiquexique, BRS Pujante e BRS Pajeú, com porte semiprostrado; submetidas a quatro

níveis de salinidade da água de irrigação, com condutividade elétrica de 0; 1,5 (estresse leve); 3,0 (estresse moderado) e 4,5 dS m⁻¹ (estresse severo).

A cada dois dias os vasos eram regados, com intuito de reposição da água consumida, obtendo o nível de capacidade de vaso, segundo metodologia de Casaroli e Van Lier (2008). As soluções utilizadas para irrigação foram obtidas com o acréscimo de cloreto de sódio (NaCl) à água, com a concentração do sal variando segundo cada tratamento. A quantidade de sal foi determinada considerando a Condutividade Elétrica da Água (CE_a), expressa em dS m⁻¹, para cada tratamento, utilizando-se a equação mg L⁻¹ = CE_a x 640, em que CE_a representa o valor desejado.

Da sementeira, até os primeiros quinze dias após a emergência, com a intenção das sementes germinarem de maneira uniforme, em todos os tratamentos foram utilizados água com 0 dS m⁻¹ de salinidade e, após esse período, os tratamentos seguiram suas respectivas irrigações com salinidades pré-estabelecidas.

Avaliações de índices de estresse salino

Foi utilizada como referência a produtividade de grãos em situações sem estresse salino (água de irrigação com 0,0 dS m⁻¹) e com estresse salino, considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação com condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹, 3,0 dS m⁻¹ e 4,5 dS m⁻¹, como estresse salino leve, moderado e severo, respectivamente. Foram avaliados os seguintes índices de estresse, obtidos de acordo com as equações abaixo:

a) Tolerância ao estresse (TOL)

$$TOL = PCNE - PCE \quad (\text{ROSIELLE, HAMBLIN, 1981}).$$

b) Índice de susceptibilidade (IS):

$$IS (\%) = \frac{1 - \left(\frac{PCE}{PCNE}\right)}{1 - \left(\frac{PMCE}{PMCNE}\right)} \times 100 \quad (\text{FISCHER, MAURER, 1978}).$$

c) Índice de estabilidade de produtividade (IEP):

$$IEP (\%) = \frac{PCE}{PCNE} \times 100 \quad (\text{BOUSLAMA, SCHAPAUGH, 1984}).$$

d) Produtividade média (PM):

$$PM = \frac{PCNE + PCE}{2} \quad (\text{ROSIELLE, HAMBLIN, 1981}).$$

e) Índice de produtividade (IP):

$$IP (\%) = \frac{PCE}{PMCE} \times 100 \quad (\text{GAVUZZI et al., 1997}).$$

f) Redução de produtividade (RP):

$$RP (\%) = \frac{PCNE - PCE}{PCNE} \times 100 \quad (\text{AMARAL et al., 2015});$$

em que:

PCNE = Produtividade da cultivar em condição não-estressante.

PCE = Produtividade da cultivar em condições estressante.

PMCE = Produtividade média de todas as cultivares em condição estressante.

PMCNE = Produtividade média de todas as cultivares em condição não-estressante.

g) Classificação de tolerância ao estresse salino: realizada de acordo com a redução de produtividade das cultivares em seus respectivos estresses salinos: Tolerante (T) = Redução de 0% a 20%; Moderadamente Tolerante (MP) = 20% a 40%; Moderadamente Sensível (MS) = 40% a 60%; e Sensível (S) = acima de 60% (AMARAL et al., 2015).

Para auxiliar na interpretação dos resultados, os índices foram submetidos aos testes “F” e Tukey a 5% de probabilidade para diferentes cultivares e diferentes níveis de estresse salino, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Avaliações de estimativas de parâmetros genéticos

Para determinação de estimativas de parâmetros genéticos, foram realizadas avaliações em dois períodos. Ao final do último estágio fenológico vegetativo (V₉), foram avaliadas: altura de plantas (utilizando-se fita métrica do colo da planta até a última folha, expressa em cm); diâmetro do caule (mensurado no colo da planta, a 5 cm de altura em relação ao nível do solo, utilizando-se paquímetro graduado, expresso em mm) e índices de clorofila Falker (ICF) *b* e Total (determinados utilizando-se três folhas do terço médio de cada planta, por meio de um ClorofiLOG modelo CFL1030 da Falker, expressos em ICF).

Após a colheita, foram realizadas as avaliações: Índice de grãos (relação entre a massa dos grãos pela massa total das vagens, expresso em porcentagem); massa de 100 grãos (todos os grãos da parcela foram pesados, e, em seguida, obteve proporcionalmente a massa de cem grãos, expressa em g) e produtividade de grãos (estimada a partir da produção de grãos de cada parcela, considerando-se um estande de 160 mil plantas por hectare, corrigida por 13% de umidade e transformada para kg ha⁻¹).

Estes traços avaliados, que após o teste “F” a 5% de probabilidade apresentaram diferença significativa entre cultivares, que indicam que apresentam

variabilidade genética, foram submetidos à avaliação de parâmetros genéticos, e seus estimadores foram analisados, utilizando-se as seguintes expressões (CRUZ et al., 2012).

a) Variância Fenotípica (VP):

$$VP = QMG / r$$

b) Variância Genotípica (VG):

$$VG = (QMG - QMR) / r$$

c) Variância Ambiental (VE):

$$VE = QMR / r$$

d) Herdabilidade em sentido amplo (h^2a):

:

$$h^2a = (VG / VP) \times 100$$

As h^2a foram classificadas como: Baixa = 0% a 30%; Média = 31% a 60%; e Alta = acima de 60% (JOHNSON et al., 1955).

e) Coeficiente de Variação Fenotípica (CVP):

$$CVP = (\sqrt{VP} / \bar{X}) \times 100$$

f) Coeficiente de variação Genotípica (CVG):

$$CVG = (\sqrt{VG} / \bar{X}) \times 100$$

g) Coeficiente de Variação Ambiental (CVE):

$$CVE = (\sqrt{VE} / \bar{X}) \times 100$$

CVP, CVG e CVE foram classificados como: Baixo = menor que 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (SIVASUBRAMANIAN, MENON, 1973).

h) Coeficiente de Variação Relativo (Coeficiente “b”) = CVG / CVE

i) Ganho genético: $GA = i \Delta p h^2$, onde
 i = Intensidade de Seleção (5%) = 2,06 (Constante);
 Δp = Desvio Padrão da Variância Fenotípica: \sqrt{VP} ;
 h^2 = Herdabilidade.

j) Ganho Genético em Porcentagem da Média (GAM):

$$GAM = [(GA / \bar{X}) \times 100]$$

Tem-se o ganho genético assumindo intensidade de seleção de 5% em um ciclo de avaliação.

O GAM foi classificado como: Baixo = menos de 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (JOHNSON et al., 1955).

Para estimar as correlações, foram utilizadas as expressões citadas por Falconer (1987) e Ramalho et al. (1993):

a) Correlação fenotípica (rP):

$$rP(xy) = \frac{COV_{P(XY)}}{\sqrt{\sigma^2PX \cdot \sigma^2PY}}$$

b) Correlação genotípica (rG):

$$rG(xy) = \frac{COV_{G(XY)}}{\sqrt{\sigma^2GX \cdot \sigma^2GY}}$$

c) Correlação ambiental (rE):

$$rE = \frac{COV_{E(XY)}}{\sqrt{\sigma^2EX \cdot \sigma^2EY}}$$

Em que: r_{xy} = correlação entre os caracteres X e Y; $COV_{(XY)}$ = covariância entre os dois caracteres X e Y; e σ^2X e σ^2Y = variância dos caracteres X e Y, respectivamente.

As rP , rG e rE foram classificadas como: Muito Fraca = 0,00 a 0,19; Fraca = 0,20 a 0,39; Moderada = 0,40 a 0,69; Forte = 0,70 a 0,89; e Muito Forte = 0,90 a 1,00 (SHIMAKURA, RIBEIRO JÚNIOR, 2012).

Para o cálculo das correlações, foi utilizado o software Genes (CRUZ, 2013), e, para verificar o nível de significância das correlações, utilizou-se o teste “t” a 1% e 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índices de estresse salino

Fórmulas de índices relacionadas ao estresse hídrico são usualmente utilizadas em estudos para avaliação dos efeitos do estresse hídrico, todavia, no presente estudo, essas fórmulas foram utilizadas com o intuito de avaliar outro estresse abiótico que afeta as espécies vegetais, o estresse salino. Segundo Munns (2002), a salinização no solo ou na água reduz a capacidade das plantas de absorver água e causa alterações metabólicas semelhantes às provocadas pelo estresse hídrico.

Os índices de tolerância ao estresse (TOL), índice de susceptibilidade (IS), índice de estabilidade na produtividade (IEP), produtividade média (PM), índice de produtividade (IP) e redução de produtividade (PM) foram submetidos ao teste “F” a 5% de probabilidade, e todos apresentaram diferença significativa para cultivares e salinidade, sendo em seguida submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade.

As cultivares com baixos valores de TOL são mais estáveis em duas diferentes condições

(FARSHADFAR et al., 2013). Desse modo, a cultivar com menor valor médio de TOL foi a cultivar BRS Novaera (635,52 kg ha⁻¹), sendo estatisticamente similar às cultivares BRS Tumucumaque (745,24 kg ha⁻¹), BRS Rouxinol (827,01 kg ha⁻¹) e BRS Itaim (920,09 kg ha⁻¹) e inferior às demais. As cultivares BRS Pajeú (1.854,97

kg ha⁻¹) e BRS Pujante (1.764,41 kg ha⁻¹), com valores superiores de TOL, não demonstraram ser estáveis em situações de estresse e sem estresse, indicativo de que apresentam diferenças consideráveis de produtividade quando comparadas as duas situações (Tabela 1).

Tabela 1 – Tolerância ao estresse de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA.

Cultivares	Tolerância ao estresse – TOL (kg ha ⁻¹)			Média
	Salinidade da água (dS m ⁻¹) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	297,64	830,89	778,04	635,52 d
BRS Guariba	307,28	1.609,05	1.826,32	1.247,55 b
BRS Tumucumaque	103,55	861,19	1.271,00	745,24 cd
BRS Itaim	396,66	720,67	1.642,93	920,09 bcd
BRS Xiquexique	702,67	1.110,17	1.632,22	1.148,35 bc
BRS Pujante	1.433,23	1.983,34	1.876,65	1.764,41 a
BRS Pajeú	1.433,83	1.924,55	2.206,53	1.854,97 a
BRS Rouxinol	683,23	728,65	1.069,14	827,01 bcd
Média	669,76 C	1.221,06 B	1.537,85 A	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação entre níveis de salinidade da água de irrigação, utilizando-se como referência a condutividade elétrica da água, observou-se que o maior nível de salinidade (4,5 dS m⁻¹), considerado como estresse severo, foi o que apresentou o maior TOL, com valor de 1.537,85 kg ha⁻¹, seguido pelo estresse moderado (3,0 dS m⁻¹), que apresentou 1.221,06 kg ha⁻¹. Como era esperado, o nível de estresse salino leve (1,5 dS m⁻¹) foi o que apresentou o menor TOL, com apenas 669,76 kg ha⁻¹, significativamente inferior aos demais, indicando ser

o nível de estresse com menor diferença de produtividade, comparado com a situação sem estresse.

Na Tabela 2 é apresentado o índice de susceptibilidade (IS) e verifica-se que a cultivar BRS Pujante, com valor de IS de 116,81%, apresentou maior susceptibilidade, estatisticamente superior às cultivares BRS Tumucumaque e BRS Novaera, que, com valores de 75,74% e 71,58%, respectivamente, foram as cultivares que apresentaram menor susceptibilidade à salinidade no presente estudo.

Tabela 2 – Índice de susceptibilidade à salinidade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA.

Cultivares	Índice de susceptibilidade a salinidade – IS (%)			Média
	Salinidade da água (dS m ⁻¹) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	33,53	93,59	87,64	71,58 c
BRS Guariba	24,25	127,00	144,15	98,47 abc
BRS Tumucumaque	10,52	87,53	129,18	75,74 bc
BRS Itaim	42,91	77,97	177,74	99,54 abc
BRS Xiquexique	59,49	93,99	138,19	97,22 abc
BRS Pujante	99,18	137,25	129,87	122,10 a
BRS Pajeú	92,61	124,30	142,52	119,81 ab
BRS Rouxinol	74,78	79,75	117,02	90,52 abc
Média	54,66 C	102,67 B	133,29 A	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para Farshadfar et al. (2013), cultivares que apresentem IS menor que 100% são mais resistentes às condições de estresse. Assim, apenas as cultivares BRS Pujante e BRS Pajeú apresentaram valores acima de 100%, com as demais cultivares apresentando condições de menor susceptibilidade ao estresse salino.

Observa-se que as plantas submetidas ao estresse salino severo apresentaram o maior IS, com valor de

133,29%, seguidas pelas que se encontravam em situação de estresse moderado, com 102,67%. O nível de estresse salino leve foi o nível de salinidade que apresentou o menor IS, com apenas 54,66%, resultado inferior aos demais. Na Tabela 3, é apresentado o índice de estabilidade na produtividade (IEP), que indica cultivares com produtividade de grãos estáveis com e sem estresse. Quando maior o IEP, maior a estabilidade; assim, observa-se que a

BRS Novaera se destacou entre as cultivares, com IEP de 70,80%.

Tabela 3 – Índice de estabilidade na produtividade (IEP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA.

Cultivares	Índice de estabilidade na produtividade – IEP (%)			Média
	Salinidade da água (dS m ⁻¹) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	86,33	61,83	64,26	70,80 a
BRS Guariba	90,11	48,20	41,21	59,84 abc
BRS Tumucumaque	95,71	64,30	47,31	69,11 ab
BRS Itaim	82,50	68,20	27,50	59,40 abc
BRS Xiquexique	75,74	61,66	43,64	60,34 abc
BRS Pujante	59,55	44,02	47,03	50,20 c
BRS Pajeú	62,23	49,30	41,87	51,13 bc
BRS Rouxinol	69,50	67,47	52,27	63,08 abc
Média	77,71 A	58,12 B	45,64 C	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A cultivar BRS Pujante apresentou o menor valor de IEP, com 50,20%, o que indica que não é uma cultivar muito estável sob condições de estresse salino.

Com relação aos valores de todas as cultivares em determinados níveis de estresse salino, o que apresentou os melhores resultados foi o nível com o estresse salino leve, com IEP de 77,71%, maior que os níveis de estresse moderado e severo, que apresentaram 58,12% e 45,64%, respectivamente. Tal dado indica que, quanto maior o nível de salinidade a que as plantas são submetidas e, conseqüentemente, maior o estresse salino, menor será sua estabilidade produtiva.

Segundo Eivazi et al. (2013), a produtividade média (PM) é o índice mais adequado na seleção de genótipos com produtividade de grãos elevada em condições de estresse e sem estresse. Para a PM das cultivares sob estresse salino, a cultivar BRS Pajeú destacou-se com PM, considerando os três níveis de estresse salino, com 2.868,47 kg ha⁻¹. O resultado de PM dessa cultivar foi similar ao obtido na cultivar BRS Pujante (2.660,68 kg ha⁻¹) e superior ao das demais. As cultivares com menores PM foram BRS Tumucumaque (2.039,57 kg ha⁻¹), BRS Novaera (1.858,92 kg ha⁻¹), BRS Rouxinol (1.826,51 kg ha⁻¹) e BRS Itaim (1.806,21 kg ha⁻¹) (Tabela 4).

Tabela 4 – Produtividade média de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA.

Cultivares	Produtividade média – PM (kg ha ⁻¹)			Média
	Salinidade da água (dS m ⁻¹) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	2.027,86	1.761,23	1.787,66	1.858,92 d
BRS Guariba	2.952,70	2.301,81	2.193,18	2.482,56 bc
BRS Tumucumaque	2.360,42	1.981,60	1.776,70	2.039,57 d
BRS Itaim	2.067,93	1.905,92	1.444,79	1.806,21 d
BRS Xiquexique	2.544,51	2.340,76	2.079,73	2.321,67 c
BRS Pujante	2.826,27	2.551,22	2.604,56	2.660,68 ab
BRS Pajeú	3.079,05	2.833,69	2.692,69	2.868,47 a
BRS Rouxinol	1.898,40	1.875,69	1.705,44	1.826,51 d
Média	2.469,64 A	2.193,99 B	2.035,59 C	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Pelos níveis de estresse imposto, o estresse salino leve apresentou a maior PM, com 2.469,64 kg ha⁻¹. Com o aumento da salinidade na água de irrigação, a PM começou a regredir, apresentando 2.193,99 kg ha⁻¹ com condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹ (moderado) e de 2.035,59 kg ha⁻¹ com a maior salinidade estudada, com 4,5 dS m⁻¹ (severo).

O índice de produtividade (IP) é um importante parâmetro na seleção de cultivares com bom desempenho produtivo sob estresse. De acordo com Farshadfar et al. (2013), as cultivares que apresentam valores altos desse índice são adequadas para a condição de estresse. A cultivar BRS Pajeú, com valor de IP de 116,81%, destacou-se, apresentando valores superiores às cultivares

BRS Rouxinol e BRS Itaim, que apresentaram os menores IP, com valores de 85,04% e 81,02%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Índice de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA.

Cultivares	Índice de produtividade – IP (%)			Média
	Salinidade da água (dS m ⁻¹) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	113,09	80,99	84,17	92,75 abc
BRS Guariba	168,46	90,11	77,04	111,86 ab
BRS Tumucumaque	138,94	93,34	68,68	100,32 abc
BRS Itaim	112,52	93,02	37,51	81,02 c
BRS Xiquexique	131,99	107,47	76,05	105,17 abc
BRS Pujante	126,97	93,86	100,28	107,03 abc
BRS Pajeú	142,16	112,63	95,66	116,81 a
BRS Rouxinol	93,69	90,96	70,47	85,04 bc
Média	128,48 A	95,30 B	76,23 C	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando as médias entre os níveis de estresse salino, o estresse leve apresentou o melhor IP, com valor de 128,48%, seguido pelo estresse moderado, com 95,30%; e, na situação menos favorável, ficou o estresse severo, com valor de apenas 76,23%.

A redução de produtividade (RP) mede o quanto o estresse hídrico interferiu negativamente na produtividade de grãos, quando comparada com a

situação isenta de salinidade (0,0 dS m⁻¹). Observa-se na Tabela 6 que a cultivar que apresentou maior RP média, comparando os três níveis de estresse salino, foi a BRS Pujante, que apresentou RP de 49,80%, significativamente superior aos valores observados nas cultivares BRS Tumucumaque e BRS Novaera, que apresentaram as menores RP, com valores de 30,89% e 29,20%, respectivamente.

Tabela 6 – Redução de produtividade e classificação da tolerância ao estresse salino de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA.

Cultivares	Redução da produtividade – RP (%) e classificação da tolerância ao estresse salino			Média
	Salinidade da água (dS m ⁻¹) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	13,67 (T)	38,17 (MT)	35,74 (MT)	29,20 c (MT)
BRS Guariba	9,89 (T)	51,80 (MS)	58,79 (MS)	40,16 abc (MS)
BRS Tumucumaque	4,29 (T)	35,70 (MT)	52,69 (MS)	30,89 bc (MT)
BRS Itaim	17,50 (T)	31,80 (MT)	72,50 (S)	40,60 abc (MS)
BRS Xiquexique	24,26 (MT)	38,34 (MT)	56,36 (MS)	39,66 abc (MT)
BRS Pujante	40,45 (MS)	55,98 (MS)	52,97 (MS)	49,80 a (MS)
BRS Pajeú	37,77 (MT)	50,70 (MS)	58,13 (MS)	48,87 ab (MS)
BRS Rouxinol	30,50 (MT)	32,53 (MT)	47,73 (MS)	36,92 abc (MT)
Média	22,29 C (MT)	41,88 B (MS)	54,36 A (MS)	39,51 (MT)

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

T = Tolerante; MT = Moderadamente Tolerante; MS = Moderadamente Sensível; S = Sensível.

Observando as RP's nos diferentes níveis de estresse salino, nota-se que, com estresse leve, a RP foi de 22,29%; com estresse salino moderado, a RP foi de 41,88%; e, com a situação mais crítica, com estresse severo, a RP chegou a 54,36%, ou seja, em um cultivo com esse nível de estresse salino, mais da metade da produção de grãos é comprometida.

Na Tabela 6 é apresentada a classificação de tolerância ao estresse salino das cultivares, baseada em suas respectivas reduções de produtividade. Com estresse salino leve (1,5 dS m⁻¹), as cultivares BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Itaim foram classificadas como “tolerantes”, BRS Xiquexique, BRS Pajeú e BRS Rouxinol, como “moderadamente tolerantes”, e a cultivar BRS Pujante, como “moderadamente sensível”. A

classificação geral das oito cultivares foi “moderadamente tolerante”.

Com estresse salino moderado (3,0 dS m⁻¹), as cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim, BRS Xiquexique e BRS Rouxinol foram classificadas como “moderadamente tolerantes”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Pujante e BRS Pajeú foram classificadas como “moderadamente sensíveis”, e, no geral, a classificação foi “moderadamente sensível”. Com estresse salino severo (4,5 dS m⁻¹), as cultivares foram classificadas como “moderadamente sensíveis”, exceto a cultivar BRS Novaera, que foi considerada “moderadamente tolerante”, e a BRS Itaim, considerada “sensível” à salinidade. A classificação das cultivares sob estresse severo também foi “moderadamente sensível”.

Considerando a média dos níveis de estresse salino, a classificação das cultivares BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Xiquexique e BRS Rouxinol foi “moderadamente tolerante”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Pujante e BRS Pajeú foram consideradas como “moderadamente sensíveis”. Paiva (2014), utilizando outra metodologia de classificação, classificou as cultivares BRS Pujante, BRS Guariba e BRS Xiquexique como “tolerantes” à salinidade.

Na média geral de todas as cultivares submetidas aos três níveis de estresse salino, o feijão-caupi foi classificado como “moderadamente tolerante”, o que corrobora os resultados de Maas e Poss (1989). Esses autores constataram que o feijão-caupi, quando estressado durante todo o ciclo da cultura, como neste estudo, é classificado como moderadamente tolerante e que a cultura se torna mais tolerante à salinidade à medida que as plantas se desenvolvem, o que aumenta sua resistência a esse estresse abiótico.

Pelos resultados gerais observados pelos índices, constata-se que a cultivar BRS Novaera foi a cultivar

com os melhores resultados, com muita tolerância e pouca susceptibilidade à salinidade, porém apresentou baixa produtividade de grãos, o que não é de interesse para a cultura. Os piores resultados foram observados na cultivar BRS Itaim, que, além de ser susceptível à salinidade, é também pouco produtiva.

A cultivar BRS Guariba apresentou valores medianos de susceptibilidade e produtividade, e nenhuma cultivar foi considerada como tolerante e pouco susceptível ao estresse salino com produtividade destacada. Todavia, as cultivares BRS Pajeú e BRS Pujante, apesar de serem susceptíveis à salinidade, apresentaram valores superiores de produtividade de grãos, indicados pela PM e IP.

Estimativas de parâmetros genéticos

Na Tabela 7, são apresentados os parâmetros genéticos das características altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e total (ICF T), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD).

Tabela 7 – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e total (ICF T), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA.

Fator de Variação	Parâmetros Genéticos						
	ALT	DIÂ	ICF <i>b</i>	ICF T	IG	M100G	PROD
VP	45,72	0,45	13,92	28,71	18,44	39,14	374793,19
VG	38,01	0,35	8,28	16,49	14,89	36,73	314893,55
VE	7,72	0,11	5,64	12,21	3,55	2,41	59899,63
CVP (%)	12,19	10,22	15,31	8,17	5,39	28,28	31,44
CVG (%)	11,11	8,96	11,81	6,19	4,84	27,39	28,82
CVE (%)	5,01	4,92	9,74	5,33	2,36	7,01	12,57
h ² a (%)	83,12	76,8	59,51	57,47	80,77	93,85	84,02
GA	11,58	1,06	4,57	6,34	7,15	12,09	1.059,58
GAM	20,9	16,2	18,8	9,7	9,0	54,7	54,4
CVG/CVE	2,22	1,82	1,21	1,16	2,05	3,91	2,29

Variação fenotípica (VP), variação genotípica (VG), variação ambiental (VE), coeficiente de variação fenotípica (CVP), coeficiente de variação genotípica (CVG), coeficiente de variação ambiental (CVE), herdabilidade em sentido amplo (h²a), ganho genético (GA), ganho genético em porcentagem da média (GAM).

Os coeficientes de variação fenotípica (CVP) e genotípica (CVG) foram considerados altos para os traços M100G e PROD e baixos para ICF T e IG, pela classificação sugerida por Sivasubramanian e Menon (1973). Os coeficientes de variação ambiental (CVE) foram considerados baixos para todos os traços, exceto para PROD, que foi considerado médio. Para que exista melhor possibilidade de sucesso na seleção, é recomendado que os valores de CVP e CVG sejam próximos, o que indica que o componente genético sobressai em relação ao elemento ambiental na formação da característica; assim, os resultados observados, com os valores de CVE sempre menores que seus respectivos CVP e CVG, foram satisfatórios, pelos mesmos motivos supracitados.

A razão CVG/CVE (coeficiente *b*) é empregada como índice indicativo do grau de eficiência seletiva

dos genótipos para cada caráter (SANTOS et al., 2018). Quando esse valor for maior que 1, tem-se que a influência genética sobressai em relação à ambiental; sendo assim, é recomendado o uso de seleção nos programas de melhoramento. Observa-se na Tabela 7 que a seleção é recomendada para todos os traços, com os valores variando de 1,16 para ICF T até 3,91 observados em M100G.

Segundo Regis et al. (2014), uma das principais ferramentas utilizadas pelo melhorista são as estimativas do coeficiente de herdabilidade, o que é de grande importância para a escolha de uma estratégia eficaz de seleção. De acordo com classificação de Johnson et al. (1955), a herdabilidade no presente estudo foi considerada média para ICF *b* e ICF T e alta para DIÂ, IG, ALT, PROD e M100G, que se destacou com valor de 93,85%. Silva et al.

(2014) também observaram que a característica M100G apresentou valores de coeficiente b (4,15) e herdabilidade (98,57%) altos, o que demonstra ser um caráter que sofre pouca influência ambiental. Para GAM, os traços PROD e M100G destacaram-se, com valores de 54,4% e 54,7%, respectivamente. Por outro lado, ICF T (9,7%) e IG (9,0%) apresentaram baixos valores. De acordo com El-Nahrawy (2018), a herdabilidade e o avanço genético são importantes parâmetros de seleção de diferentes características no estoque genético, o que facilita a avaliação e identificação de genótipos adequados e ajuda a selecionar genótipos de diferentes populações genéticas, escolhendo os melhores para o seu aprimoramento. Neste estudo, PROD, com

herdabilidade de 84,02% e GAM de 54,4%, e M100G, apresentando herdabilidade com 93,85% e GAM com 54,7%, destacaram-se. Com esses valores observados, pode-se inferir que a estimativa de ganho genético (GA) na próxima geração para PROD é de 1.059,58 kg ha⁻¹ e para M100G, de 12,09 g.

A correlação pode ocorrer quando um gene interfere na expressão de outros e tem sido utilizada como estratégia para aumentar a eficiência do melhoramento genético; isso demonstra a influência que um caráter exerce sobre outro (RAMALHO et al., 2004), em especial, quando a seleção em um é difícil e onerosa. Os resultados das correlações fenotípicas (rP), genotípicas (rG) e ambientais (rE) entre todos os traços avaliados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Correlações fenotípicas (rP), correlações genotípicas (rG) e correlações ambientais (rE) de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker b (ICF b) e total (ICF T), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA.

		DIÂ	ICF b	ICF T	IG	M100G	PROD
ALT	rP	-0,08	-0,16	-0,09	-0,14	-0,09	0,52**
	rG	-0,03	-0,24**	-0,17	-0,19*	-0,12	0,69**
	rE	0,03	0,24**	0,24**	-0,01	0,04	0,19*
DIÂ	rP		-0,25**	-0,36**	-0,13	-0,02	-0,54**
	rG		-0,31**	-0,48**	-0,18*	-0,05	-0,82**
	rE		-0,12	-0,08	0,15	0,16	0,12
ICF b	rP			0,96**	0,21*	0,58**	-0,02
	rG			0,99**	0,23*	0,75**	0,06
	rE			0,95**	0,04	0,08	0,21*
ICF T	rP				0,09	0,53**	0,17
	rG				0,05	0,72**	0,31**
	rE				0,01	0,03	0,17
IG	rP					-0,14	0,25**
	rG					-0,19*	0,38**
	rE					0,16	0,45**
M100G	rP						-0,14
	rG						-0,22*
	rE						0,17

*, ** Significativos a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

O ICF b e o ICF T, por estarem relacionados entre si, apresentaram as maiores correlações ($rP= 0,96**$, $rG= 0,99**$ e $rE= 0,95**$) entre os traços avaliados, sendo classificados como muito fortes, de acordo com Shimakura e Ribeiro Júnior (2012). Mini et al. (2015), avaliando tolerância à salinidade em vinte e três genótipos de feijão-caupi na Índia, também observaram correlação de alta magnitude entre clorofila b e clorofila total (0,654**), comprovando a forte ligação de ambas as variáveis.

A característica M100G apresentou forte correlação genotípica com as características ICF b ($rG= 0,75**$) e ICF T ($rG= 0,72**$), demonstrando que o alto teor de clorofila atua no aumento da massa dos grãos.

Para o principal traço da cultura, PROD, na maioria dos casos observados, as correlações genotípicas foram maiores que suas respectivas correlações fenotípicas e ambientais, destacando-se as correlações de PROD x ALT ($rP= 0,52**$, $rG=$

0,69** e $rE= 0,19*$) e PROD x DIÂ ($rP= -0,54**$, $rG= -0,82**$ e $rE= 0,12$).

A correlação genotípica positiva observada entre PROD x ALT indica que as duas variáveis são influenciadas pelas mesmas condições genéticas. Essa condição, aliada à alta herdabilidade apresentada por ambos (Tabela 7), indica que se pode utilizar seleção indireta de aumento de produtividade de grãos de feijão-caupi selecionando plantas mais altas; em contrapartida, a forte correlação genotípica negativa entre PROD x DIÂ indica que plantas com menor diâmetro de caule apresentam maiores produtividades. Santos et al. (2018), avaliando outra leguminosa, a soja, não observou correlação significativa entre altura e rendimento de grãos por planta, o que difere do presente estudo.

O caráter PROD também apresentou correlações significativas e positivas com o IG ($rP= 0,25**$, $rG= 0,38**$ e $rE= 0,45*$), semelhantes aos resultados de Regis et al. (2014), que constataram que, quanto mais intensa a translocação de fotossintatos para os grãos,

resultando em maior índice de grãos, maior será a produtividade de grãos. Vale salientar que, nos dois trabalhos, a correlação ambiental foi maior que suas respectivas correlações fenotípicas e genotípicas, o que sugere que ambas as variáveis são muito influenciadas pelas condições ambientais, nesse caso, como foram positivas, nos sentidos favoráveis ou desfavoráveis.

CONCLUSÕES

Nas condições de cultivo em vasos sob ambiente protegido, conclui-se que:

- A cultivar BRS Novaera, apesar de possuir alta tolerância e pouca susceptibilidade ao estresse salino, apresenta baixa produtividade de grãos;
- As cultivares BRS Pajeú e BRS Pujante são susceptíveis à salinidade, todavia, apresentam altos valores de produtividade de grãos sob estresse salino;
- A característica produtividade de grãos destaca-se com altos valores de herdabilidade e ganho genético em porcentagem da média, e, pelas correlações, observa-se que esse traço pode ser melhorado com seleção indireta, selecionando plantas mais altas.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

REFERÊNCIAS

- AMARAL, C. L. F.; SANTOS, B. M.; BARRETO, V. M.; LEMOS, E. F.; SANTOS, N. S.; LYRA, D. H.; BRITO, F. F.; ALMEIDA, L. A. da H.; BRASILEIRO, B. P.; ALMEIDA, O. da S.; SANTANA, T. M.; AMORIM, Y. F.; MEIRA, A. L. **Melhoramento Genético Vegetal: Resistência a Fatores Estressantes Bióticos e Abióticos**. 1. ed. Ibicaré: Via Litterarum, 2015. v. 01. 101p.
- ANDRADE, J. R. de; MAIA Júnior, S. de D. O.; SILVA, R. F. B. da; BARBOSA, J. W. da S.; NASCIMENTO, R. do; ALENCAR, A. E. V. de. Trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2653, 2018.
- ANDRADE, J. R. de; MAIA JUNIOR, S. D. O.; SILVA, P. F. da; BARBOSA, J. W. da S.; NASCIMENTO, R. do; SOUSA, J. da S. Crescimento inicial de genótipos de feijão caupi submetidos à diferentes níveis de água salina. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 9, n. 4, p. 36-40, 2013.
- AQUINO, J. P. A. de; BEZERRA, A. E. de C.; ALCÂNTARA NETO, F. de; LIMA, C. J. G. de S.; SOUSA, R. R. de. Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water salinity. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1001 – 1008, out. – dez., 2017.

BOUSLAMA, M.; SCHAPAUGH, W. T. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. **Crop Science Journal**, v. 24, p. 933-937, 1984.

CASAROLI, D.; JONG VAN LIER, Q. de. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 59-66, 2008.

COELHO, D. S.; SILVA, J. A. B. da; NASCIMENTO, R. L.; COSTA, J. D. de S.; SEABRA, T. X. Germinação e crescimento inicial de variedades de feijão caupi submetidas a diferentes concentrações salinas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 261-266, 2017.

COSTA, F. G. B.; FERNANDES, M. B.; BARRETO, H. B. F.; OLIVEIRA, A. F. M.; SANTOS, W. O. Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com TDR sob irrigação com águas de diferentes salinidades. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 327-336, 2012.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2012, 514 p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora LTDA, 2010. cap. 9, p. 129-140.

EIVAZI, A. R.; MOHAMMADI, S.; REZAEI, M.; ASHORI, S.; POUR, F. H. Effective selection criteria for assessing drought tolerance indices in barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 4, p. 813-821, 2013.

EL-NAHRAWY, S. M. Agro-morphological and genetic parameters of some cowpea genotypes. **Alexandria Science Exchange Journal**, v. 39, n. 1, p. 56-64, 2018.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.

FARSHADFAR, E.; MOHAMMADI, R.; FARSHADFAR, M.; DABIRI, S. Relationships and repeatability of drought tolerance indices in wheat-rye disomic addition lines. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 1, p. 130-138, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agroecologia**. v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FISCHER, R. A.; MAURER, R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses.

- Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 5, p. 897-912, 1978.
- GAVUZZI, P.; RIZZA, F.; PALUMBO, M.; CAMPANILE, R. G.; RICCIARDI, G. L.; BORGHI, B. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 77, n. 4, p. 523-531, 1997.
- GERRANO, A. S.; ADEBOLA, P. O.; JANSEN VAN RENSBURG, W. S.; LAURIE, S. M. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 32, n. 3, p. 165-174, 2015.
- JOHNSON, H. W.; ROBINSON, H. F.; COMSTOCK, R. E. Estimation of genetic and environmental variability in soybeans. **Agronomy Journal**, v. 47, p. 314-318, 1955.
- MAAS, E. V.; POSS, J. A. Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. **Irrigation Science**, v. 10, n. 4, p. 313-320, 1989.
- MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J. Solos e adubação. In: BASTOS, E. A. (ed.). **Cultivo de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017. (Sistema de Produção, 2). Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>>. Acesso em: 28 de fev. de 2018.
- MINI, M. L.; SATHYA, M.; ARULVADIVOOKARASI, K.; JAYACHANDRAN, K. S.; ANUSUYADEVI, M. Selection of salt tolerant cowpea genotypes based on salt tolerant indices of morpho-biochemical traits. **Current Trends in Biotechnology & Pharmacy**, v. 9, n. 4, p. 306-316, 2015.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.
- MURTAZA, G.; GHAFOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v. 81, n. 1, p. 98-114, 2006.
- PAIVA, T. S. dos S. **Tolerância à salinidade em cultivares de feijão-caupi**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.
- PEREIRA FILHO, J. V.; BEZERRA, F. M. L.; SILVA, T. C.; PEREIRA, C. C. M. S. Crescimento vegetativo do feijão-caupi cultivado sob salinidade e déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 8, p. 2217-2228, 2017.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 3 ed. rev., Lavras: UFLA, 2004. 472 p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- REGIS, J. A. V. B.; MOLINAS, V. da S.; SANTOS, A. dos; CORREA, A. M.; CECCON, G. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 11-19, 2014.
- ROSIELLE, A. A.; HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment 1. **Crop science**, v. 21, n. 6, p. 943-946, 1981.
- SANTOS, E. R.; SPEHAR, C. R.; CAPONE, A.; PEREIRA, P. R. Estimativa de parâmetros de variação genética em progênies F2 de soja e genitores com presença e ausência de lipoxigenases. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 61-70, 2018.
- SHIMAKURA, S.E.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. Departamento de Estatística da UFPR. **Estatística descritiva: interpretação do coeficiente de correlação**. 2012. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/node8.html>>. Acesso em: 08 de mai. de 2018.
- SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'AREDE, L. O.; SILVA, C. J.; ROCHA, M. M. Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, p. 399-407, 2014.
- SILVA, I. N.; FONTES, L. de O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B. de; OLIVEIRA, A. C. de. Qualidade de água na irrigação. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 7, n. 3, p. 1-15, 2011.
- SIVASUBRAMANIAM, P.; MENON, P. M. Inheritance of short stature in rice. **Madras Agricultural Journal**. v. 60, p. 1129-1133, 1973.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6ª Edição, Porto Alegre: Artmet, 2017. 888 p.
- VASCONCELOS, E. S. de; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio. **Semina**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1203-1214, 2015.