
ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E DESEMPENHO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-COMUM SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO

Estimation of genetic parameters and performance of common bean cultivars occurs with saline stress

Leandro Menezes Oliveira¹

Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – Vitória da Conquista/Bahia
leandromenezes_eng@hotmail.com
 lattes.cnpq.br/4837021919445380

Cláudio Lúcio Fernandes Amaral²

Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – Jequié/Bahia
materdidatic@gmail.com
 lattes.cnpq.br/9914668253472127

Douglas Gonçalves Guimarães³

Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira (UNIFAAHF) – Luís Eduardo Magalhães/Bahia
douglasgg@hotmail.com
 lattes.cnpq.br/8878709911462837

Murilo Oliveira Guedes⁴

Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – Vitória da Conquista/Bahia
muriloguedes.uesb@gmail.com
 lattes.cnpq.br/2421961843443658

RESUMO: O objetivo do trabalho foi estimar parâmetros genéticos para características de crescimento em cultivares de feijão-comum de diferentes grupos, sob estresse salino, no município de Vitória da Conquista - BA, em ambiente protegido. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 4 (seis cultivares e quatro níveis de salinidade). Das seis cultivares avaliadas, quatro pertencem ao grupo comercial carioca

* **Editora Responsável:** Fabiana Regina da Silva Grossi Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8006397305740459>

¹Doutor em Agronomia (Fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UESB.

²Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UESB.

³Doutor em Agronomia (Fitotecnia) pela UESB. Docente do Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira (UNIFAAHF).

⁴Mestre em Agronomia (Fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UESB.

(BRS Pérola, BRS Ametista, BRS Estilo e IPR Tangará) e duas ao grupo comercial preto (BRS Esplendor e IPR Tuiuiú), em quatro níveis de salinidade (0; 1,0; 2,0; 3,0 dS m⁻¹). O aumento da salinidade na água de irrigação influenciou negativamente em todas as características avaliadas, afetando o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade dos grãos. A característica massa de 100 grãos pode ser utilizada para a seleção indireta para aumento da produtividade de grãos, devido à alta herdabilidade, alto ganho genético e forte correlação apresentada. As cultivares BRS Pérola e IPR Tangará se destacaram para as características massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* (L.), salinidade, melhoramento genético, variabilidade genética.

ABSTRACT: The objective of the work was to estimate genetic parameters for growth characteristics among common bean cultivars from different groups, under saline stress, in the municipality of Vitória da Conquista - BA, in a protected environment. The experimental design was in randomized blocks, consisting of treatments in six common bean cultivars, four belonging to the Rio de Janeiro commercial group (BRS Pérola, BRS Ametista, BRS Estilo and IPR Tangará) and two from the black commercial group (BRS Esplendor and IPR Tuiuiú) submitted to four different levels of salinity (0; 1.0; 2.0; 3.0 dS m⁻¹), resulting in an experiment with randomized block design (DBC), 6 x 4 factorial (six cultivars and four levels of irrigation). It was concluded that the increase in salinity in irrigation water had a negative influence on all evaluated characteristics, affecting plant development, productivity and grain quality. The characteristic mass of 100 grains can be used for indirect selection to increase grain yield, due to high heritability, high genetic gain and strong correlation. The cultivars BRS Pérola and IPR Tangará stood out for the characteristics of mass of 100 grains and grain yield.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* (L.), salinity, breeding, genetic variability.

SUMÁRIO: 1 INTRODUÇÃO; 2 MATERIAL E MÉTODOS; 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO; 4 CONCLUSÕES; 5 AGRADECIMENTOS; 6 REFERÊNCIAS.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro se destaca em âmbito nacional pela sua importância socioeconômica, constituindo-se como uma das principais fontes de proteína da dieta da população (BOSSOLANI, 2017). É uma leguminosa cultivada praticamente o ano inteiro no país, considerando as três safras anuais. Em 2018/2019, abrangendo as três safras, o Brasil produziu 2,38 milhões de toneladas, em uma área plantada de 2,92 milhões de hectares, com produtividade de 1.033 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Para que a cultura do feijão expresse todo o seu potencial produtivo, faz-se necessária a implementação da irrigação, principalmente no período da seca, que é característico na região semiárida. Como a maioria dos produtores não dispõe de uma fonte de água em abundância para a irrigação, como rios e açudes, lançam mão da perfuração de poços artesianos que, a depender da localidade da região e manejo adotado do solo, a qualidade da água pode ser afetada negativamente, com alta concentração de sais, salinizando também o solo. Outro fator que pode contribuir para a salinização dos solos é a aplicação de fertilizantes solúveis em altas dosagens.

Segundo Silva et al. (2013), a salinidade promove alterações metabólicas nas plantas, induzindo-as a um estresse hídrico, que são causadas pela diminuição do potencial osmótico das raízes das plantas em razão da restrição da disponibilidade de água no solo provocada pela salinização. Para Silva (2015), o estresse salino, que ocorre com grande frequência em terras cultivadas, é um dos principais fatores que comprometem o desenvolvimento e produtividade das plantas.

Conhecer a tolerância das espécies vegetais à presença de sais é de suma importância para definir o tipo de cultura que deve ser cultivada em determinado ambiente, principalmente em áreas salinas, assim como identificar as técnicas de manejo e irrigação adequadas para cada ambiente com o objetivo de evitar a intensificação da salinidade (PEREIRA et al., 2017). Contudo, vale salientar que as cultivares de uma mesma espécie podem apresentar comportamentos distintos, quando submetidas a algum tipo de estresse abiótico, devido à ampla variabilidade genética.

A realização de estudos que visam identificar e selecionar cultivares superiores submetidas ao estresse salino torna-se necessária, devido às limitações que esta condição desfavorável promove às plantas e, para isso, as estimativas de parâmetros genéticos é um recurso indispensável.

O estudo e a identificação dos parâmetros genéticos, como o coeficiente de variação genético, a herdabilidade e correlação entre caracteres são de extrema importância, pois, por meio destes, pode-se conhecer a variabilidade genética, o grau de expressão de um caráter de uma geração para outra e a possibilidade de ganhos por meio da seleção direta ou indireta (ROCHA et al., 2003).

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos para características de crescimento entre cultivares de feijão-comum de diferentes grupos, sob estresse salino, no município de Vitória da Conquista - BA, em ambiente protegido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de janeiro/2019 a abril/2019, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista- BA, em uma altitude de 886 metros e coordenadas geográficas 14° 53'0,3'' de latitude Sul e 40° 47'58'' de longitude Oeste, em cultivo protegido, com cobertura plástica e tela com 50% de sombreamento nas laterais.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 4 (seis cultivares e quatro níveis de irrigação), com 24 tratamentos e três repetições. Das seis cultivares de feijão-comum, quatro pertencem ao grupo comercial carioca (BRS Pérola, BRS Ametista, BRS Estilo e IPR Tangará) e duas ao grupo comercial preto (BRS Esplendor e IPR Tuiuiú). Os níveis de salinidade avaliados foram 0; 1,0; 2,0; 3,0 dS m⁻¹. Cada parcela foi representada por duas plantas em um vaso.

O solo para o enchimento dos vasos foi coletado na área experimental da UESB, *campus* de Vitória da Conquista, cujos resultados das características físicas e químicas foram os seguintes: a classe textural foi classificada como franco argilo arenosa, considerando a análise física, e sua análise química apresentou os seguintes valores: pH em água (1:2,5): 5,4; P: 38 mg dm⁻³ (Extrator Mehlich-1); K⁺: 0,3 cmol_c dm⁻³ (Extrator Mehlich-1); Ca²⁺: 2,9 cmol_c dm⁻³ (Extrator KCl 1 mol L⁻¹); Mg²⁺: 0,9 cmol_cdm⁻³ (Extrator KCl 1 mol L⁻¹); Al³⁺: 0,1 cmol_c dm⁻³

³ (Extrator KCl 1 mol L⁻¹); H⁺: 2,4 cmol_cdm⁻³ (Extrator Solução SMP, pH 7,5 a 7,6); 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.

Cada parcela foi constituída de um vaso de polietileno, com capacidade de 20 L, nos quais foram realizados quatro furos no fundo para o escoamento de água. Cada vaso foi preenchido com 12,2 litros de solos, com uma densidade de 1,3 g/cm³. Na adubação de plantio aplicou-se nos vasos o equivalente a 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (13,08 mg dm⁻³ de P), na forma de superfosfato simples; 20 kg ha⁻¹ de K₂O (0,02 cmol_c dm⁻³ de K), na forma de cloreto de potássio; e 10 kg ha⁻¹ de N (5 mg dm⁻³ de N), na forma de ureia. Para adubação de cobertura, 30 kg ha⁻¹ de N (15 mg dm⁻³ de N), na forma de ureia, que foi aplicada 25 dias após a emergência, conforme a recomendação para cultura do feijão-comum (PREZOTTI et al., 2013).

A semeadura foi realizada no dia 14 de janeiro de 2019, quando foram semeadas cinco sementes por vaso, em uma profundidade de 3 cm, sendo que foi realizado o desbaste, quando as plântulas emitiram três folhas definitivas, permanecendo duas plantas por vaso (parcela).

Aos 15 DAE, quando foi atingida a uniformidade das plantas, iniciou-se a irrigação, cuja água apresentava uma condutividade elétrica correspondente ao respectivo tratamento salino, tendo sido realizada de acordo com as necessidades hídricas das plantas, estimada com base na capacidade do vaso, mediante a metodologia descrita por Casaroli & Jong van Lier (2008), pelo método das pesagens.

As soluções salinas utilizadas para a irrigação foram preparadas a partir do cloreto de sódio (NaCl), o qual foi diluído em três tambores (capacidade de 40 L) contendo água fornecida por um poço artesiano, apresentando uma condutividade de 0,05 dS m⁻¹ (tratamento testemunha). O NaCl foi homogeneizado na água de irrigação até se obter a condutividade elétrica da água de irrigação do respectivo nível salino. A condutividade de cada solução foi mensurada utilizando-se o condutivímetro digital portátil, tipo caneta, modelo CD-880, expressa em CEa – condutividade elétrica aparente.

Aos 28 DAE, no final do estágio V4, período que a planta apresentava pleno vigor, foram realizadas as seguintes avaliações: altura de plantas (cm), diâmetro de caule (mm) e índices de clorofila *a*, *b* e total. Após a colheita (80 DAE), foram efetuadas as avaliações do número de vagens por planta, massa de vagem (g), comprimento de vagem (cm), número de grãos por vagem, índice de grãos (relação da massa dos grãos com a massa total da vagem), massa de 100 grãos (g) e produtividade de grãos (estimado a partir da produção de grãos de cada parcela, corrigido por 13% de umidade e transformado para kg ha⁻¹).

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade e homogeneidade de variância. Em seguida, foi realizada a análise de variância, a 5% de probabilidade. As médias das cultivares foram comparadas pelo teste Tukey e os níveis de salinidade foram analisados por meio da regressão polinomial, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Os traços que apresentaram diferença significativa entre as diferentes cultivares foram submetidas à avaliação de parâmetros genéticos e seus estimadores foram analisados, utilizando-se as seguintes expressões (CRUZ et al., 2012):

a) Variância Fenotípica: $VP = QMg / r$

b) Variância Genética: $VG = (QMg - QMr) / r$

c) Variância Ambiental: $VE = QMr / r$

d) Herdabilidade: $h^2 = (VG/VP) \times 100$

As h^2 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: $CV_P = (\sqrt{VP} / \bar{X}) \times 100$

f) Coeficiente de variação Genética: $CV_G = (\sqrt{VG} / \bar{X}) \times 100$

g) Coeficiente de Variação Ambiental: $CV_E = (\sqrt{VE} / \bar{X}) \times 100$

CV_P , CV_G e CV_E 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”) = CV_G / CV_E ,

i) Ganho genético: $GA = i \Delta p h^2$

i = Intensidade de Seleção (5%) = 2,06 (Constante),

Δp = Desvio Padrão da Variância Fenotípica: \sqrt{VP} ;

h^2 = Herdabilidade.

j) $GAM = [(GA / \bar{X}) \times 100]$ - Ganho Genético em Porcentagem da Média.

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 (r_P)

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

b) Correlação genética (rG)

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

c) Correlação ambiental (rE)

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

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 cálculo das correlações, foi utilizado o *software* Genes (CRUZ, 2012) e, para verificar o nível de significância das correlações, foi utilizado o teste t a 1% e 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as características avaliadas pré-colheita foram significativas para o fator isolado irrigação, entretanto, para o fator cultivares, não houve significância para nenhuma das características (Tabela 1).

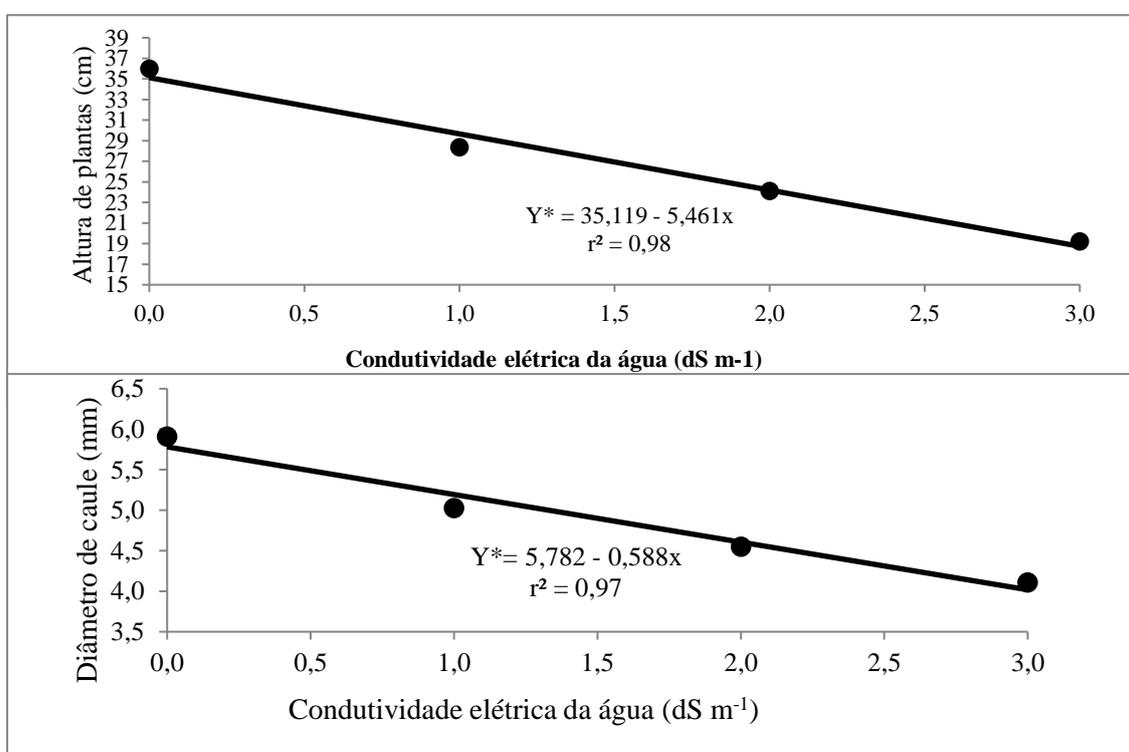
TABELA 1 – Análise de variância de altura (ALT), diâmetro (DIÂ), índice de clorofila Falker a (ICF a), índice de clorofila Falker (ICF b) e índice de clorofila Falker Total (ICF T) de cultivares de feijão-comum ao final do estágio fenológico V₄ submetidas ao estresse salino em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Características	Fatores de variação					C.V. (%)
	Cultivares (C)	Salinidade (S)	C X S	Blocos	Resíduos	
	Quadrados Médios					
ALT	31,78	910,49*	59,97	456,72*	37,50	22,74
DIÂ	0,34	10,63*	0,29	3,89*	0,39	12,77
ICF a	15,97	1218,76*	9,50	53,25	24,71	19,13
ICF b	1,68	144,34*	1,64	3,04	2,77	27,49
ICF T	26,09	2191,77*	14,01	80,79	36,54	18,87

GL	5	3	15	2	46
----	---	---	----	---	----

*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Observou-se comportamento linear decrescente para altura de plantas e diâmetro do caule em função do aumento da salinidade da água de irrigação, obtendo-se reduções de 45,8 e 30,4 % com o maior nível de condutividade elétrica (3,0 dS m⁻¹) em relação ao tratamento testemunha (Figura 1). Foi observado que o aumento unitário da salinidade reduziu 4,46 cm e 0,58 mm nas variáveis de altura de plantas e diâmetro de caule, respectivamente. Esse comportamento pode ser proveniente do efeito osmótico, no qual as plantas não conseguem absorver água e nutrientes, comprometendo o seu crescimento e o engrossamento do caule.



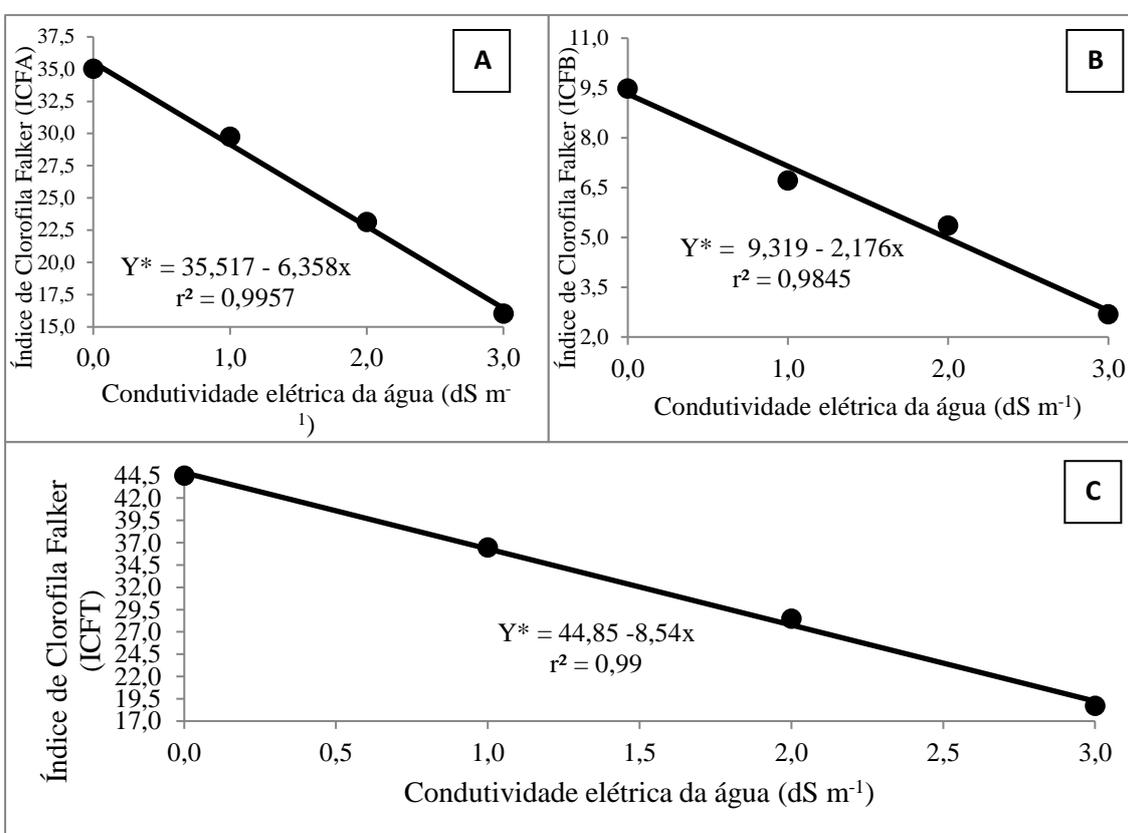
*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

FIGURA 1. Altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) de cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Os resultados observados corroboram Aquino et al. (2017) que, avaliando as respostas morfofisiológicas de genótipos de feijão-caupi à salinidade da água de irrigação, perceberam redução significativa da altura de plantas e no diâmetro de caule com água de irrigação salina.

Na Figura 2A e 2B, verifica-se efeito linear decrescente para índice de clorofila Falker *a* e *b*, à medida que se aumentou a concentração salina da água de irrigação, conferindo redução

de 53 e 70% em relação ao tratamento testemunha e ao tratamento mais intenso. O acúmulo do NaCl nas plantas promove despigmentação do limbo foliar, começando da extremidade para o centro da folha e, por esse motivo, os índices de clorofila *a* e *b* foram reduzidos consideravelmente à medida que se aumentou a concentração salina na água de irrigação. Segundo Oliveira et al. (2018), a salinidade pode influenciar diretamente o Fotossistema II (PSII), promovendo a inibição da quebra da molécula de água para obtenção dos elétrons essenciais na fase fotoquímica da fotossíntese, bem como diminuindo a concentração de pigmentos fotossintéticos, como a clorofila.



*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

FIGURA 2. Índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*) (A), *b* (ICF *b*) (B) e total (ICFT) (C) de cultivares de feijão-comum ao final em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Na Figura 2C, o Índice de Clorofila Falker total diminuiu à medida que se aumentou a condutividade elétrica na água de irrigação, com efeito linear decrescente, simulando o mesmo comportamento dos índices de clorofila *a* e *b*. O índice de clorofila Falker total é representado pela soma dos índices *a* e *b*, e, como estes índices proporcionaram uma equação linear decrescente, o comportamento do índice de clorofila total obteve a mesma tendência.

Resultados semelhantes foram encontrados por Furtado et al. (2014) que, avaliando os teores de pigmentos fotossintéticos em feijão caupi em condições salinas, verificaram redução linear do teor da clorofila total de condutividade elétrica a partir de 0,9 dS m⁻¹.

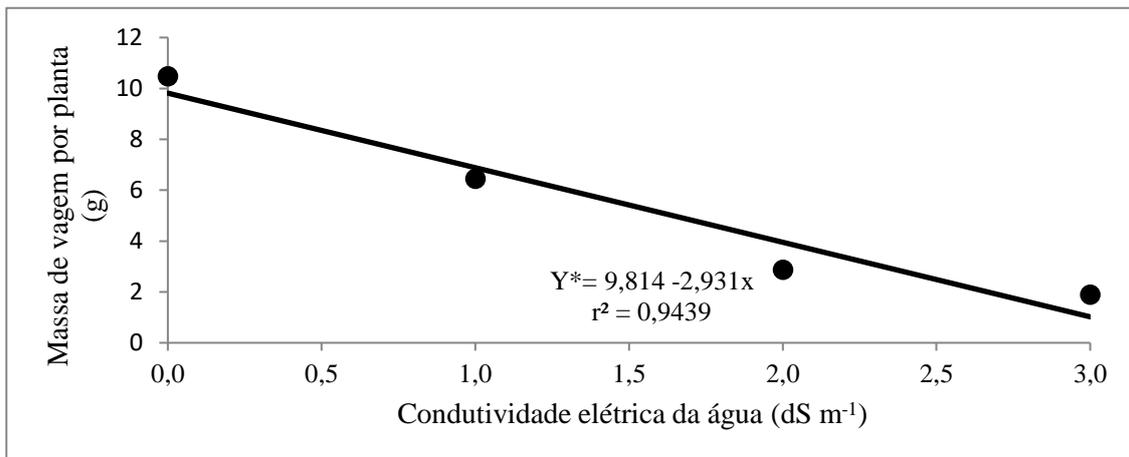
Na Tabela 2, todas as variáveis pós-colheita apresentaram significância para o fator salinidade e, para o fator cultivar, foi verificado significância somente para massa de 100 grãos (M100G) e produtividade (PROD).

TABELA 2 – Análise de variância de número de vagens por planta (PVP), número de grãos por planta (NGP), número de vagem por planta (NVP), comprimento de vagem (COMPV) e número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G), índice de grãos (IG) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Características	Fatores de variação					
	Cultivares (C)	Salinidade (S)	C X S	Blocos	Resíduos	C.V. (%)
Quadrados Médios						
PVP	8,96	272,88*	5,74	21,53	7,82	51,59
NGP	78,52	1120,45*	78,14	75,29*	42,26	45,49
NVP	1,91	67,38*	2,55	4,84	2,91	37,85
NGV	1,09	7,65*	1,56	0,02	0,89	29,40
COMPV	1,68	8,54*	0,96	3,53*	1,02	14,05
IG	174,23	329,57*	146,74	73,46	80,60	13,52
M100G	305,60*	583,03*	64,24	73,28*	26,19	26,19
PROD	311007,41*	7610160,06*	143583,87	32729,87	78038,20	29,97
GL	5	3	15	2	46	

*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

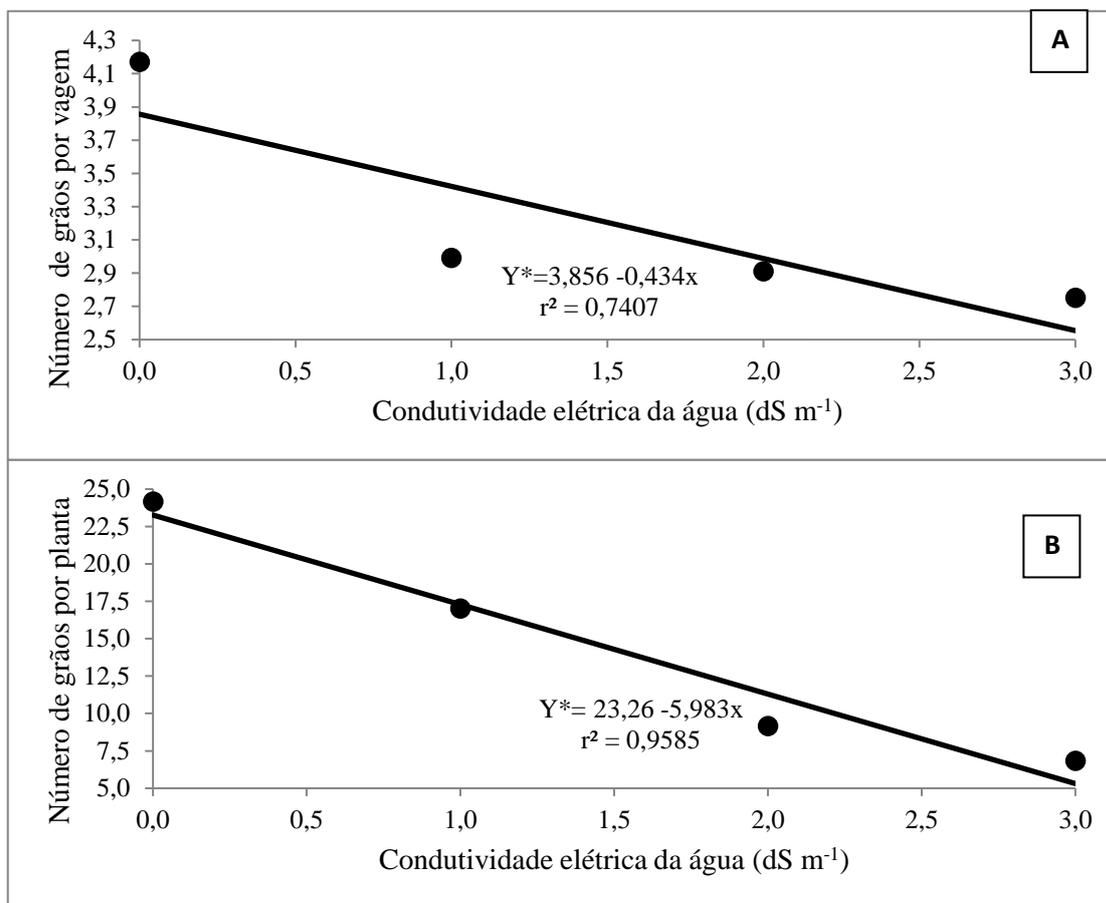
A variável massa de vagem por planta foi reduzida linearmente pelo aumento da salinidade, com perda de 2,93 gramas em resposta ao aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo que no tratamento de maior condutividade elétrica (3,0 dS m⁻¹) houve uma redução total de 89,60% em relação à testemunha (Figura 3).



*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

FIGURA 3. Massa de vagem por planta de cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

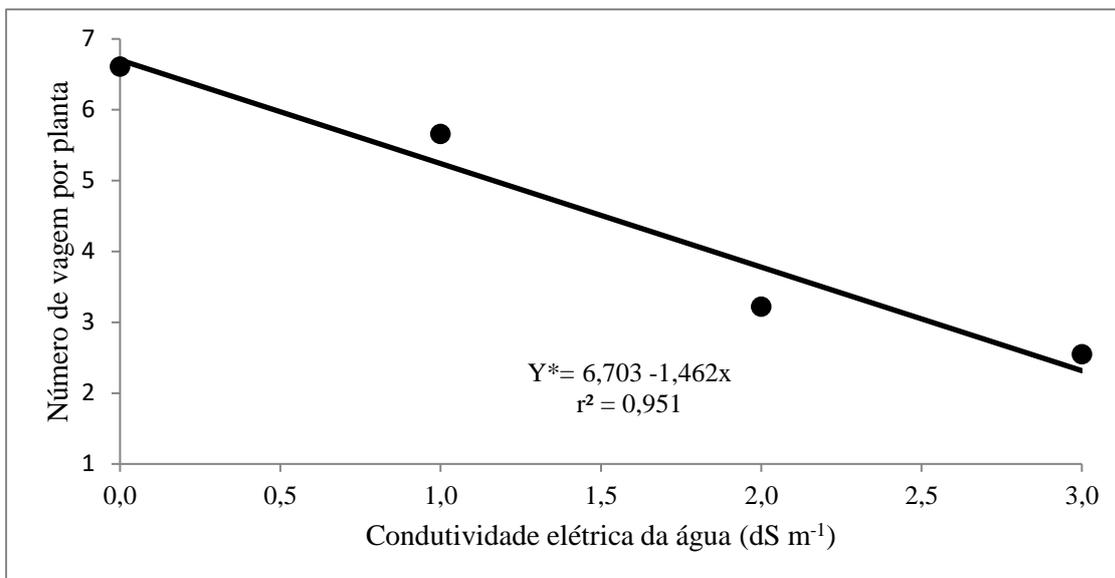
Analisando o número de grãos por vagem (NGV) (Figura 4A) e número de grãos por planta (NGP) (Figura 4B) em função da salinidade da água de irrigação, pode-se observar que houve redução de 1,5 grãos por vagem e 6 grãos por planta a cada aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, de forma que, na salinidade 3,0 dS m⁻¹, houve redução total de 65 e 73,3%, respectivamente. Furtado et al. (2014) constataram que as plantas submetidas ao tratamento salino na água de irrigação apresentaram reduções lineares nessa característica, com perdas de 1,46 grãos por vagem por aumento unitário da condutividade elétrica, valor semelhante obtido neste trabalho (1,5).



*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

FIGURA 4. Número de grãos por planta (A) e número de grãos por vagem (B) de cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Para número de vagem por planta, percebe-se redução linear em detrimento do aumento da salinidade, com redução de 1,3 vagens por planta com o aumento gradativo da salinidade, promovendo redução total de 59% no tratamento mais intenso, quando comparado à testemunha (Figura 5). No tratamento de condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹, as plantas perderam área foliar, diminuindo a área fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, reduzindo o número de vagens por planta. Bashandy & El-Shaieny (2016) e El-Hefny (2010), estudando feijão-caupi, também constataram redução no número de vagens por planta com o aumento da concentração salina da água de irrigação. De acordo com esses autores, essa redução pode ser proveniente do alto acúmulo de sal em nível celular, que pode afetar vários processos bioquímicos nas plantas, como a fotossíntese e a translocação dos fotoassimilados para a regeneração dos órgãos.



*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

FIGURA 5. Número de vagem por planta de cultivares de feijão-comum ao final do estágio fenológico V₄ em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Para a característica comprimento de vagem por plantas, verifica-se redução linear de 0,5 cm a cada aumento unitário da condutividade elétrica na água de irrigação e uma redução total de 19% em relação ao tratamento testemunha e o de maior concentração salina (Figura 6). Esses resultados corroboram os dados de Brito et al. (2015), que verificaram redução dessa variável para todos os genótipos avaliados, quando comparou o comportamento das plantas com água de abastecimento na irrigação e com concentração salina, com condutividade elétrica de 0,8 e 4,8 dS m⁻¹, respectivamente. O acúmulo dos sais nas células das plantas promove redução foliar intensa e, conseqüentemente, reduz a área fotossintética, comprometendo, assim, o enchimento e alongamento das vagens.

*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

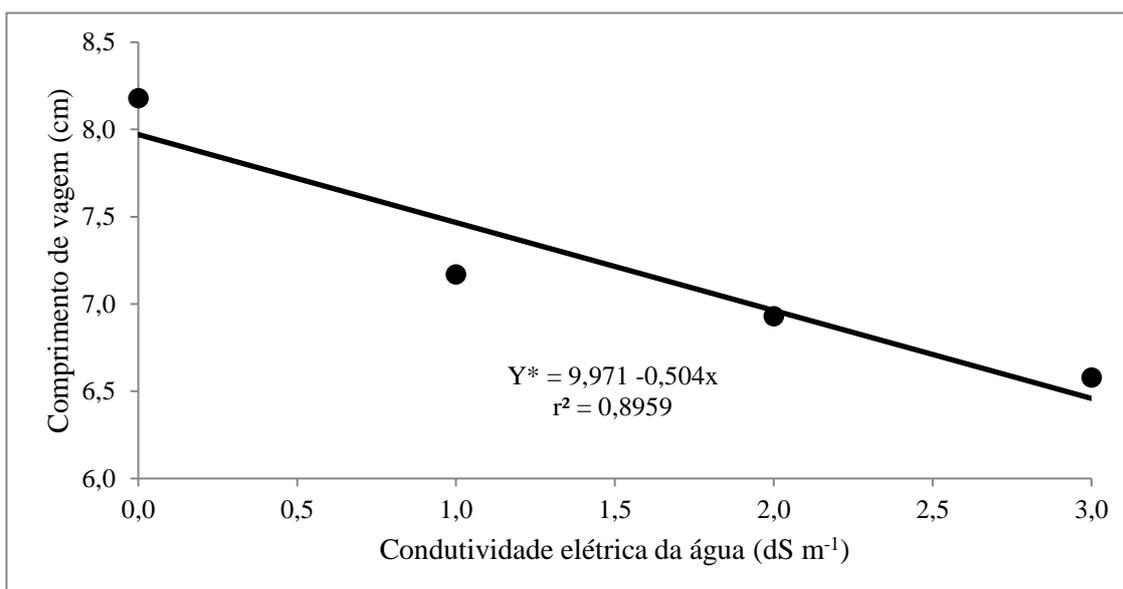
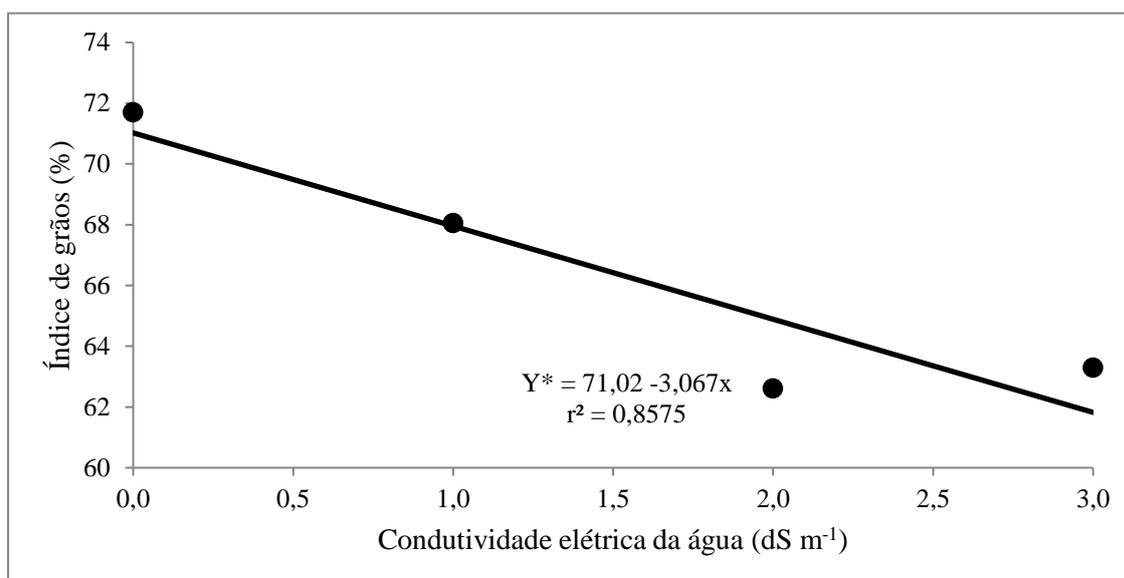


FIGURA 6. Comprimento de vagem de cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

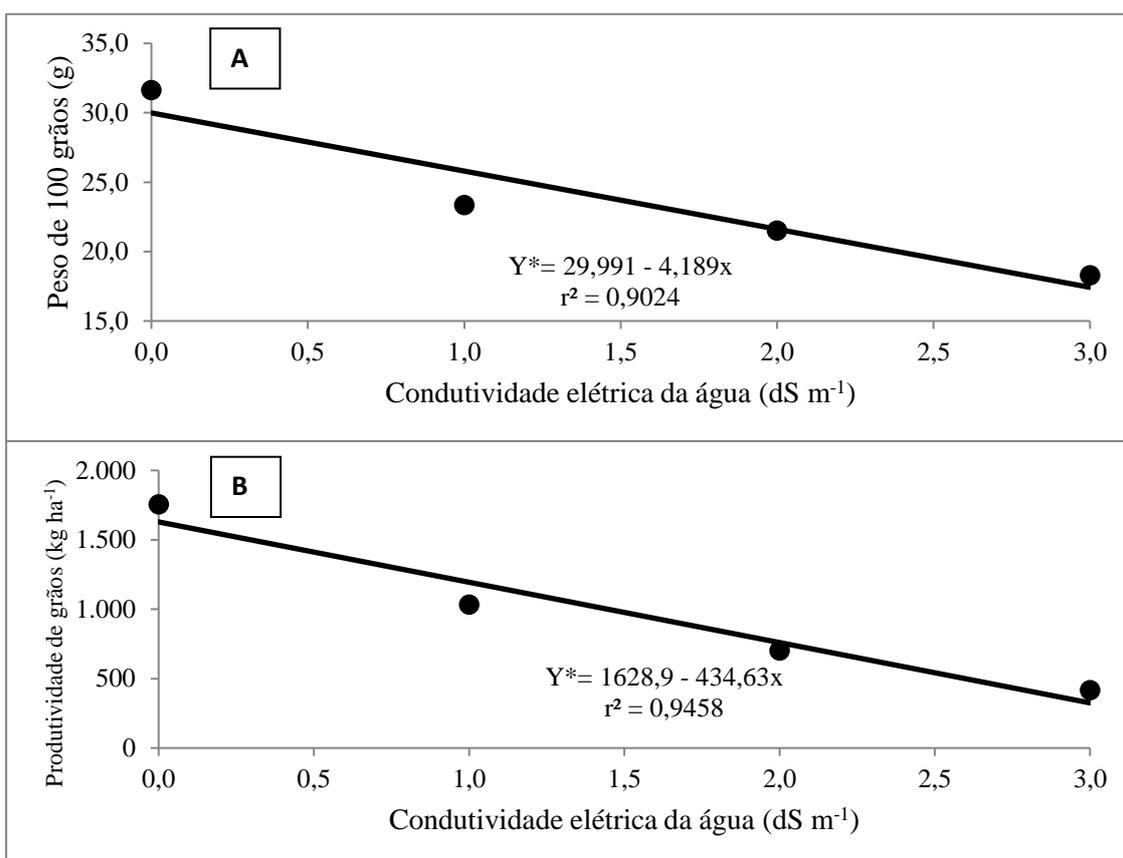
Verificando a variável índice de grãos, nota-se redução linear de 3% a cada aumento unitário na condutividade elétrica (Figura 7). Como o índice de grãos é obtido pela massa dos grãos, que está diretamente ligado ao número de grãos por planta e pela massa de vagem, e ambos apresentaram comportamento linear decrescente, a variável índice de grãos apresentou resultado semelhante.



*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

FIGURA 7. Índice de grãos de cultivares de feijão-comum ao final do estágio fenológico V₄ em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Analisando a massa de 100 grãos (Figura 8A) e a produtividade de grãos (Figura 8B), verifica-se redução linear em ambos os gráficos, devido à estreita relação entre as características, quanto mais pesados os grãos, maior a produtividade e vice-versa. Houve redução de 4,20 gramas para massa de 100 grãos e 434,6 kg ha⁻¹ para produtividade em cada aumento unitário na condutividade elétrica, apresentando redução total do tratamento testemunha em relação ao mais severo, de 41,9 e 80%, respectivamente.



*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

FIGURA 8. Massa de 100 grãos (A) e produtividade de grãos (B) de cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Segundo Sousa (2007), essa redução pode ser proveniente da menor absorção de nutrientes pelas raízes, afetando a fase do enchimento dos grãos, já que estas apresentaram o seu desenvolvimento comprometido pela alta concentração de sais.

De acordo com Taïbi et al. (2016), a salinidade é um dos principais estresses abióticos que afeta diretamente no metabolismo das células vegetais e reduz consideravelmente a produtividade das plantas. A variável produtividade de grãos foi a segunda mais afetada pela salinidade na água de irrigação, ficando atrás apenas da massa de vagem por planta,

apresentando 80 e 89,60% de redução do tratamento testemunha ($0,05 \text{ dS m}^{-1}$) ao mais severo ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$). Na maioria das culturas, a condutividade elétrica de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ afeta consideravelmente a sua produção, no presente trabalho houve redução de 60% em relação à produtividade de grãos nessa condutividade elétrica. Tal redução pode ser atribuída ao fato de todas as características morfofisiológicas e produtivas serem influenciadas negativamente pela salinidade, afetando, assim, a expressão do potencial produtivo das plantas.

Considerando as cultivares avaliadas, para massa de 100 grãos, a BRS Pérola (29,78 g) e IPR Tangará (29,89) se destacaram, apresentando valores superiores a BRS Ametista, BRS Esplendor e IPR Tuiuiú, com valores médios de 21,28; 17,67; 19,84 g, respectivamente (Tabela 3).

TABELA 3 – Massa de 100 grãos e produtividade de cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido submetidas a níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2020

Cultivares	M100G (g)	PROD (kg ha⁻¹)
BRS Ametista	21,78 b	849,93 ab
BRS Esplendor	17,67 b	1033,13 a
BRS Estilo	23,52 ab	937,73 ab
BRS Pérola	29,54 a	1052,96 a
IPR Tangará	29,89 a	1068,63 a
IPR Tuiuiú	19,84 b	650,41 b
Média geral	23,71	976,94
DMS	7,53	327,23

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

Quanto à produtividade de grãos, as cultivares BRS Esplendor ($1033,13 \text{ kg ha}^{-1}$), BRS Pérola ($1052,96 \text{ kg ha}^{-1}$) e IPR Tangará ($1068,63 \text{ kg ha}^{-1}$) foram superiores a IPR Tuiuiú ($650,41 \text{ kg ha}^{-1}$). Nota-se também, quando se compara as cultivares do grupo comercial preto, que a cultivar BRS Esplendor ($1033,13 \text{ kg ha}^{-1}$) foi superior a IPR Tuiuiú ($650,41 \text{ kg ha}^{-1}$).

Na Tabela 4, estão apresentados os parâmetros genéticos dos traços avaliados. De acordo com a classificação de Sivasubramanian & Menon (1973), o coeficiente de variação fenotípica (CVP) e o de variação genética (CVG) foram considerados altos, tanto para massa de 100 grãos, quanto para produtividade de grãos. Observa-se também que os valores de CVP e CVG estão próximos, sendo um indicativo de que há probabilidade de seleção mais eficaz, pois essa circunstância evidencia que o fator genético é o principal para determinação da característica, sobressaindo sobre o fator ambiental.

TABELA 4 – Parâmetros genéticos para massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de seis cultivares de feijão-comum em vasos sob ambiente protegido, submetidas a níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Fator de Variação	Parâmetros Genéticos	
	M100	PROD
VP	101,867	129692,070
VG	93,137	105474,687
VE	8,730	24217,383
CVP (%)	42,568	36,863
CVG (%)	40,703	33,243
CVE (%)	12,462	15,929
h ² a (%)	91,4	81,3
GA	19,010	603,335
GAM	80,2	61,8
CVG/CVE	3,27	2,09

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

Considerando o fator coeficiente de variação ambiental (CVE), os dois traços avaliados apresentaram valores médios. Foi verificado que, para ambos os traços avaliados, os valores de CVG foram superiores ao CVE, isso implica que a característica avaliada possui maior influência do fator genético em relação ao ambiental. Sendo assim, verificando-se o coeficiente *b* (CVG/CVE) para massa de 100 grãos (3,29) e produtividade de grãos (2,09), pode-se inferir a superioridade da variação genética sobre a ambiental, apresentando valores do coeficiente *b* maiores do que 1, sugerindo, assim, o uso da seleção.

Segundo a classificação proposta por Johnson et al. (1955), a estimativa de herdabilidade foi alta para ambos os traços avaliados, com 91,4 e 81,3% para massa de 100 grãos e produtividades de grãos, respectivamente. Segundo Sharma et al. (2017), a alta estimativa de herdabilidade sugere menor influência ambiental nos respectivos caracteres. Segundo Lopes et al. (2017), estes resultados permitem inferir que a população estudada é bastante promissora para a seleção.

Para ganho genético em porcentagem da média (GAM), segundo classificação de Johnson et al. (1955), ambas as características estudadas apresentaram valores altos, com 80,2 e 61% para massa de 100 grãos e produtividade de grãos, respectivamente. Com esses valores observados, pode-se deduzir que o ganho genético (GA), na próxima geração para PROD, será de 633,33 kg ha⁻¹ e, para M100G, de 19,01 g.

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados das correlações fenotípicas (*r*P), genéticas (*r*G) e ambientais (*r*E) entre os traços avaliados (massa de 100 grãos e produtividade

de grãos). Verifica-se que a correlação genética (0,93**) é superior à correlação fenotípica (0,63**). As interações entre os traços são, em geral, avaliadas por meio da estimativa e do sinal dos coeficientes de correlação genética, fenotípica e ambiental.

TABELA 5 – Correlações fenotípicas (rP), correlações genéticas (rG) e correlações ambientais (rE) da massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de seis cultivares de feijão-comum em Vitória da Conquista – BA, 2020

		M100G	PROD
M100G	rP	1,00**	0,63**
	rG	1,00**	0,93**
	rE	1,00**	0,28*
PROD	rP		1,00**
	rG		1,00**
	rE		1,00**

*; **, ns: Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste t. Correlação fenotípica (rP), correlação genotípica (rG), correlação ambiental (rE).

As correlações genéticas e ambientais apresentaram os mesmos sinais, indicando que as causas das variações genéticas e ambiental são influenciadas pelos mesmos mecanismos fisiológicos e bioquímicos. Segundo a classificação proposta por Shimakura & Ribeiro Júnior (2012), observou-se correlação de magnitude fraca positiva para o coeficiente de correlação ambiental (0,28*), de magnitude moderada positiva para o coeficiente de correlação fenotípico (0,63**) e de magnitude muito forte positiva (0,93**) para o coeficiente de correlação, sugerindo que quanto maior a massa de 100 grãos da planta, maior será a produtividade de grãos. Diferentes resultados foram encontrados por Arevalo et al. (2020), ao estudarem os parâmetros genéticos e correlações para caracteres agrônômicos em genótipos de feijoeiro comum do grupo carioca, os quais não constataram significância para os coeficientes de correlação entre os traços características de massa de 100 grãos com produtividades de grãos.

Correa et al. (2012), avaliando a estimativa de parâmetros genéticos e correlações em feijão-caupi, constataram significância entre os coeficientes de correlação genética, fenotípico

e ambiental entre os traços de massa de 100 grãos e produtividade de grãos, sendo todos eles de magnitude fraca.

4 CONCLUSÕES

As plantas respondem similarmente às concentrações salinas aplicadas para todas as características estudadas.

O aumento da salinidade na água de irrigação influenciou negativamente em todas as características avaliadas, afetando o desenvolvimento das plantas e a produtividade dos grãos.

As cultivares BRS Pérola e IPR Tangará se destacaram para as características massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

A característica massa de 100 grãos pode ser utilizada para a seleção indireta, para aumento da produtividade de grãos, devido à alta herdabilidade, alto ganho genético e forte correlação apresentada.

5 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).

6 REFERÊNCIAS

AREVALO, A. C. M.; CARDOSO, D. L.; KRAESKI, M. J.; SANTANA, D. C.; ARGUELHO, S. B. D. Genetic parameters, correlations and main components for agronomic characters in carioca group common bean genotypes. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 11, p.e3179119831, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9831.

AQUINO, J. P. A. D.; BEZERRA, A. A. D. C.; ALCÂNTARA NETO, F. D.; LIMA, C. J. G. D. S.; SOUSA, R. R. D. Respostas morfofisiológicas de genótipos de feijão-caupi à salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p.1001-1008, 2017. DOI: 10.1590/1983-21252017v30n421rc.

BASHANDY, T.; EL-SHAIENY, A. A. Screening of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes for salinity tolerance using field evaluation molecular analysis. **Journal of**

Agricultural Chemistry and Biotechnology, Mansoura Univ., v. 7, n. 9, p. 249-255, 2016. DOI:10.21608/jacb.2016.41126

BOSSOLANI, J. W.; SÁ, M. E.; MERLOTI, L. F.; BETTIOL, J. V. T.; OLIVEIRA, G. R. F.; PEREIRA, D. S. Bioestimulante vegetal associado a indutor de resistência nos componentes da produção de feijoeiro. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v.11, n.4, p.307-314, 2017. DOI:10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4094

BRITO, K. Q. D.; NASCIMENTO, R. do; SANTOS, J. E. A. dos; SILVA, I. A. C.; JUNIOR, G. J. D. Componentes de produção de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.4, 2015. DOI:10.18378/rvads.v10i4.3620

CASAROLI, D.; JONG VAN LIER, Q. de. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32, p.59-66, doi: 10.1590/S0100-06832008000100007, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v. 7 – Safra 2019/2020, n. 5 - Quinto Levantamento. 2020.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. D. A.; DELBEN, D. S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, v.59, n.1, p.88-94, 2012. DOI:10.1590/S0034-737X2012000100013

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**.4.^a d. editora ufv, viçosa. v. 1, p.514, 2012.

EL-HEFNY, E. M. Effect of saline irrigation water and humic acid application on growth and productivity of two cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 12, p. 6154-6168, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparison. **Ciência e Agroecologia**, v.38, n.2, p.109-112. DOI:10.1590/S1413-70542014000200001, 2014.

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

FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculata* L. Walp. sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, p.291-299, 2014.

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.

LOPES, K. V.; TEODORO, P. E.; SILVA, F. A.; SILVA, M. T.; FERNANDES, R. L.; RODRIGUES, T. C.; FARIA, T. V.; CORRÊA, A. M. Genetic parameters and path analysis in cowpea genotypes grown in the Cerrado/Pantanal ecotone. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, p.1-11, 2017. DOI:10.4238/gmr16029559

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R. de; SANTOS, H. R. B.; FRANÇA, Ê. F. de; DUARTE, H. H. F.; MELO, D. V. M. de. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.3, p.2592, 2018. DOI: 10.7127/RBAI.V12N300700

PEREIRA, F. A. de L.; MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; PRESTON, W.; VASCONCELOS, C. B. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 12, p. 846-851, dez. 2017. DOI:10.1590/1807-1929/agriambi.v21n12p846-851.

PREZOTTI, L. C.; OLIVEIRA, J.; GOMES, J.; DADALTO, G. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**, 2013.

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.

ROCHA, M.M. CAMPELO, J.E.G.; FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; LOPES, Â. C. A. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, v. 08, n. 01, p. 135-141, 2003.

SHARMA, M.; SHARMA, P. P.; SHARMA, H.; MEGHAWAL, D. R. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Germplasm lines. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 4, p. 1384-1387, 2017.

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 fev. 2021.

SILVA, A. A. S. da; CARMO, V. V. do; SANTOS, A. C. dos; SOUZA, P. R. P.; SILVA AMARAL, A. da; SILVA, C. A. Influência do tamanho de sementes e substratos na emergência de plântulas de moringa. **Faro ciência**, v. 2, n. 2, p.169-172, 2015. DOI: 10.36703/farociencia.v2i1.89

SILVA, A. O. D.; KLAR, A. E.; SILVA, Ê. F. D. F.; TANAKA, A. A.; S JUNIOR, J. F.. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p.1143-1151, 2013. DOI:10.1590/S1415-43662013001100003

SIVASUBRAMANIAM, P.; MENON, P. M. Inheritance of short stature in rice. **Madras Agricultural Journal**, v. 60, p. 1129-1133, 1973.

SOUSA, R. A.; LACERDA, C. F.; AMARO FILHO, J.; HERNANDEZ, F. F. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, 75-82, 2007.

TAÏBI, K.; TAÏBI, F.; ABDERRAHIM, L. A.; ENNAJAH, A.; BELKHODJA, M.; MULET, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of**

Botany, v. 105, p. 306-312, 2016. DOI:10.1016/j.sajb.2016.03.