



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

Helena Brandão dos Santos Neta

**Avaliação de linhagens de feijão com e sem estresse hídrico
em condições semiáridas**

Petrolina-PE

2017

Helena Brandão dos Santos Neta

**Avaliação de linhagens de feijão com e sem estresse hídrico
em condições semiáridas**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Jerônimo Constantino Borel

Petrolina-PE

2017

Santos Neta, Helena Brandão dos

S237a Avaliação de linhagens de feijão com e sem estresse hídrico em condições semiáridas / Helena Brandão dos Santos Neta. – Petrolina, 2017.

92 f. : il.

Dissertação (Pós-graduação em agronomia- Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Jerônimo Constantino Borel.

Referências.

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Produtividade de grãos. 3. Eficiência de uso da água. 4. Estresse abiótico. 5. Melhoramento de plantas. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 635.652

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecária: Ana Cleide Lucio CRB – 4 / 2064

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Helena Brandão dos Santos Neta

**AVALIAÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO COM E SEM ESTRESSE HÍDRICO
EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

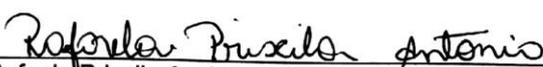
Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em
Agronomia – Produção Vegetal,
pela Universidade Federal do
Vale do São Francisco.

Aprovada em: 10 de outubro de 2017.

Banca Examinadora


(Jerônimo Constantino Borel, Dr., Univasf/CCA).


(Francine Hiromi Ishikawa, D. Sc., Univasf/CCA).


(Rafaela Priscila Antônio, D. Sc., Empresa Semiárido).

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia e por todas as bênçãos alcançadas.

À toda minha família que sempre foi a minha base e suporte. Em especial, aos meus pais, Dinalva dos Santos e Josivaldo Brandão, e irmãos, José Nogueira Neto e Luis Henrique Brandão, que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu concretizasse com êxito esta etapa da minha vida.

Ao meu namorado, Diego Santos Flores, que sempre esteve ao meu lado, entendendo-me nos momentos de ausência, dando-me apoio nos momentos de dificuldades e de forma especial e carinhosa me deu força e coragem.

Ao Prof. Dr. Júlio Cezar F. Melo Júnior pelo conhecimento compartilhado e auxílio durante o experimento.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção vegetal, pelos ensinamentos e contribuição na minha formação profissional.

Em especial ao Prof. Dr. Jerônimo Constantino Borel pela orientação, confiança, paciência, amizade e grandes ensinamentos. Obrigada pela grandiosa contribuição em minha formação.

Aos colegas de mestrado Adenaelson Marques, Tamires Dália, Sheila Daniella, Antônio Elton, Dayanne Dias, Sabrina Gomes e Fábio Sanchez por tornarem essa caminhada menos árdua.

Ao grupo de pesquisa NEMEP, em especial, Bruna Parente, Ana Géssica Fernandes, Simone Leal, Danilo Alves, Ariel Marques e Carlos Roberto pelo apoio, força, auxílio na condução do experimento e amizade. Sem vocês nada disso teria sido possível.

A todos meus amigos pela ajuda, apoio e força durante minha formação acadêmica, pessoal e profissional.

Aos membros da banca examinadora: D.Sc. Francine Hiromi Ishikawa e D.Sc. Rafaela Priscila Antônio pelas contribuições para este trabalho.

Aos funcionários de campo da Univasf/CCA, em especial a Sr. Enoc e Givaldo pelo suporte e ajuda em campo.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo e o CNPq pela disponibilização de recursos.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram com o trilhar de mais esse caminho percorrido, auxiliando e dando-me forças nos momentos em que mais precisei.

Muito obrigada!

RESUMO

A região do Vale do Submédio São Francisco possui áreas com potencial para produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Entretanto carece de cultivares adaptadas e pesquisas com a cultura. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de linhagens de feijoeiro com diferentes tipos de grãos, nas condições do Vale do Submédio do São Francisco, visando identificar linhagens adaptadas para uso direto por agricultores ou como potenciais genitores para futuros programas de melhoramento genético e obtenção de linhagens mais eficientes no uso da água. Os experimentos foram conduzidos em campo, na Universidade Federal do Vale do São Francisco, em Petrolina-PE, nos anos de 2016 e 2017. Em cada ano (safra) foram avaliadas 36 linhagens de feijão, com diferentes tipos de grãos, sendo as cultivares BRS Pontal, BRS Radiante e BRS Vereda utilizadas como testemunhas. Em cada experimento foram utilizados dois níveis de água no solo, sendo o nível 1 com disponibilidade de água adequada para o desenvolvimento da cultura e o nível 2 com estresse hídrico induzido a partir de V4. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições em esquema de parcelas subdivididas, em que os níveis de água no solo (2 níveis) consistiram nas parcelas e os genótipos as subparcelas (36 genótipos). Avaliou-se a produtividade de grãos em kg ha⁻¹ (PROD), nota de porte (PRT), dias até a maturação (DPM), dias até o florescimento (DPF), massa de 100 grãos (M100), número de grãos por vagem (NGV) e estimou-se o Índice de Estresse Hídrico (IEH) para cada Safra. Realizaram-se as análises de variância individuais e, posteriormente, as análises conjuntas para os dois níveis de água no solo. Com as médias ajustadas para cada nível, foram estimados para cada genótipo, o Índice de enchimento de grãos (IEG) e o Índice de Susceptibilidade ao Estresse (ISE). A lâmina total de irrigação aplicada foi de 324 mm para o nível 1 e 210 mm para o nível 2 na safra 2016, enquanto que na safra 2017 aplicou-se 305 mm para o nível 1 e 236 mm para o nível 2. Houve redução na produtividade de 73,85% na safra 2016 e 62,51% na safra 2017. Constatou-se grande variabilidade genética entre os genótipos para todos os caracteres. Os genótipos BGF2, BGF4, BGF12, BRS Notável, BRSMG Madrepérola, Alegria,

BRS Esplendor, BGF7, BRS Pontal, BRS Campeiro, BGF3, BGF13, BGF9 e BGF6 apresentaram potencial superior aos das testemunhas recomendadas para a região. A avaliação na ausência de estresse (nível 1) obteve maior precisão e maior poder de discriminação dos genótipos, enquanto que a avaliação sob estresse teve menor precisão. Foram identificados genótipos com grande potencial produtivo e diferentes tipos de grãos, aliado a outros caracteres desejáveis. Novos estudos devem ser feitos a fim de avaliar os melhores genótipos em condições mais abrangentes da região.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; estresse abiótico; melhoramento de plantas; fitotecnia; eficiência de uso da água.

ABSTRACT

Submission São Francisco Valley region has areas with potential for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. However it lacks adapted cultivars and researches for this culture. The objective of this work was to evaluate the performance of common bean lineages with different grain types, in the conditions of the. To identify lineages adapted for direct use by farmers or as potential parents for future breeding programs and obtaining more efficient strains in water use. The experiments were conducted in the field at the Federal University of the São Francisco Valley, in Petrolina-PE, in the years 2016 and 2017. In each year 36 strains of beans were evaluated, with different types of grains, being cultivars BRS Pontal, BRS Radiante and BRS Vereda used as controls. In each experiment two water levels were used in the soil, level 1 with adequate water availability for the development of the crop and level 2 with water stress induced from V4. A randomized complete block design was used, with five replications in split plots scheme, in which soil water levels (2 levels) consisted of plots and genotypes were subplots (36 genotypes). The grain yield was evaluated in kg ha⁻¹ (PRT), weight (PRT), days to maturity (DPM), days to flowering (DPF), weight of 100 grains (W100), number of grains per pod (NGV) and estimated the Water Stress Index (IEH) for each harvest. Individual analyzes of variance and, later, the joint analyzes for the two water levels in the soil were carried out. With the adjusted means for each level, the grain filling index (IEG) and the Stress Susceptibility Index (ISE) were estimated for each genotype. The total irrigation depth applied was 324 mm for level 1 and 210 mm for level 2 in the 2016 harvest, while in the 2017 crop 305 mm was applied for level 1 and 236 mm for level 2. There was a reduction in yields of 73.85% in the 2016 crop and 62.51% in the 2017 crop. A great genetic variability among the genotypes for all the characters was verified. The genotypes BGF2, BGF4, BGF12, BRSMN, BRSMG Madrepérola, Alegria, BRS Esplendor, BGF7, BRS Pontal, BRS Campeiro, BGF3, BGF13, BGF9 and BGF6 presented higher potential than the controls recommended for the region. Evaluation in the absence of stress (level 1) obtained greater precision and greater discrimination power of the genotypes, whereas the stress evaluation was less precise.

Genotypes with great productive potential and different grain types were identified, together with other desirable traits. Further studies should be done to evaluate the best genotypes under the most comprehensive conditions in the region.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L.; abiotic stress; plant breeding; plant breeding; water use efficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	A Cultura do feijoeiro comum	15
2.2	Botânica	16
2.3	Origem.....	18
2.4	Tipos de grãos.....	19
2.5	A Cultura do feijoeiro no Vale do Submédio São Francisco	22
2.6	Fatores limitantes para o desenvolvimento da cultura.....	24
2.6.1	Fatores Abióticos.....	24
2.6.2	Fatores Bióticos.....	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Caracterização da área experimental.....	33
3.2	Linhagens utilizadas	33
3.3	Delineamento Experimental.....	35
3.4	Primeira Safra.....	35
3.5	Segunda Safra.....	38
3.6	Caracteres avaliados.....	40
3.7	Análises estatísticas	41
4	RESULTADOS	42
5	DISCUSSÃO	75
6	CONCLUSÕES	84
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. O Brasil é o maior consumidor de feijão, onde é cultivado por pequenos, médios e grandes produtores tanto no sistema de cultivo solteiro quanto consorciado. Vários fatores são limitantes à produção dessa cultura, com destaque para a baixa adoção de tecnologias e ocorrência de estresses bióticos e abióticos que podem reduzir a produtividade (BORÉM e CARNEIRO, 2015). Os baixos rendimentos são devido, em parte, ao efeito direto das secas, ao menor investimento nessas áreas e por serem regiões de maior pobreza (BEEBE et al., 2013).

A limitação da disponibilidade de água tem sido uma preocupação de muitos centros de pesquisas, inclusive no Vale do Submédio São Francisco, porém, pesquisas com feijão comum nas condições desta região são escassos. A região é reconhecidamente um grande pólo produtor de frutas e hortaliças em sistemas irrigados, onde predominam pequenas e médias propriedades, com destaque para a agricultura familiar. O feijoeiro comum tem, nessa região, áreas com possibilidade de cultivo tanto solteiro como integrado a outros sistemas como consórcio.

Entretanto a cultura enfrenta alguns desafios como a carência de cultivares adaptadas às condições regionais, ocorrência de altas temperaturas e limitação da disponibilidade de água (deficiência hídrica) o que pode resultar em redução do rendimento da cultura e prejuízos ao agricultor. Além de interferir nos processos de absorção e translocação de nutrientes, fotossíntese, no consumo de assimilados e crescimento da planta durante as fases mais críticas da cultura (ANDRADE et al., 2015).

Os genótipos de feijão comum diferem em relação ao tipo de grão (cor, tamanho e forma), hábito de crescimento, adaptação ambiental, resistência à pragas e doenças, entre outras características. Existe no mercado uma grande diversidade de cores de grãos de feijão (VIEIRA et al., 2005). Os feijões com coloração diferenciada das do tipo carioca e do tipo preto são conhecidos como feijões de grãos especiais. Estes podem possuir uma elevada produtividade, são bem aceitos pelo consumidor de diversas regiões do Brasil e possuem um

maior valor agregado em comparação aos comercializados atualmente no Nordeste brasileiro (EMBRAPA, 2013).

Porém, devido à falta de cultivares adaptadas a região e dos diversos fatores que limitam o desenvolvimento e produtividade da cultura do feijão, inclusive na região Semiárida, há perdas produtivas e econômicas consideráveis durante todo o ciclo da cultura. Uma alternativa para as dificuldades encontradas é a identificação de cultivares com características desejáveis, ou seja, cultivares que sejam eficientes no uso de água e com melhor adaptação do feijoeiro as condições de estresse hídrico da região, o que favorecerá melhor qualidade dos grãos, maior produção e fonte de renda para o produtor.

Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de linhagens de feijoeiro com diferentes tipos de grãos, nas condições do Vale do Submédio São Francisco, visando identificar linhagens adaptadas para uso direto por agricultores ou como potenciais genitores para futuros programas de melhoramento genético e obtenção de linhagens mais eficientes no uso da água.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Cultura do feijoeiro comum

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, em razão de ser amplamente cultivado e pela mão-de-obra empregada durante o ciclo da cultura. Sendo, um dos principais alimentos consumidos pela população humana, principalmente nos países em desenvolvimento, e uma excelente fonte de proteínas, vitaminas, carboidratos e minerais, especialmente o ferro (BORÉM e CARNEIRO, 2015).

O feijoeiro se destaca no cenário produtivo nacional por ser cultivado em praticamente todas as regiões brasileiras, nas mais variadas condições edafoclimáticas, em diferentes épocas e sistemas de cultivo. O cultivo dessa leguminosa no Brasil é realizado em três safras. A primeira é denominada safra das águas (plantio de primavera), cuja semeadura ocorre em outubro ou novembro e a colheita, nos meses de dezembro a maio. A segunda, safra da seca (plantio do verão), abrange todos os estados brasileiros, o semeio vai de fevereiro a março e a colheita, nos meses de abril a junho. Na terceira safra, de outono/inverno, o semeio vai de abril a junho e a colheita nos meses de julho a setembro (SILVA e WANDER, 2013).

Em algumas regiões de inverno seco e temperaturas amenas, a semeadura é realizada durante os meses de julho até início de agosto e a colheita no mês de novembro, muitas vezes com ocorrência de chuvas. Esta safra é chamada cultivo de Inverno-primavera. Estas diferentes épocas de plantio possibilitam a produção do grão durante todo o ano, porém com diferenças significativas em relação a produção em virtude do excesso de chuvas, incidência de pragas (cigarrinha-verde), ocorrência de doenças como o mofo-branco, murcha-de-fusarium e mosaico-dourado (ARAÚJO e CAMELO, 2015).

Apesar de haver perdas na produção durante as safras devido aos fatores anteriormente citados, o Brasil se destaca e é um dos principais países produtores de feijão juntamente com Myanmar, Índia, China, Estados Unidos e México e representam cerca de 61% da produção mundial. Ademais é o maior

produtor e consumidor mundial de feijão, com produção média anual de 3,3 milhões de toneladas, cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões, com área plantada de aproximadamente 4,4 milhões de hectares (MAPA, 2016). A produção de feijão está distribuída por vários estados, embora os principais sejam Paraná (23,26%), Minas Gerais (16,73%) e Mato Grosso (11,21%), que produzem atualmente 51,2% da produção nacional. Na região Nordeste os estados produtores são Bahia (8,81%), Ceará (3,0%), Piauí (2,27%) e Pernambuco (1,8%) (CONAB, 2017).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, em 2016, mais de 45 mil toneladas de grãos de feijão foram exportados e dentre os principais grupos se destacam o carioca, o preto e o rajado. Sendo o feijão carioca (grãos de tegumento bege com estrias marrons) o mais produzido, com cerca de 70% da produção do Brasil, seguido do feijão de grão preto (CONAB, 2017). Como consequência, são as classes de grãos que receberam maior atenção pelos programas de melhoramento, apresentando, por isso, maior número de cultivares registrados e protegidos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012).

2.2 Botânica

O feijoeiro é uma espécie autógama, pertencente à família Fabaceae e ao gênero *Phaseolus* (VIEIRA et al., 2005). Este gênero é representado por cerca de 55 espécies e, destas, apenas cinco são cultivadas: *P. acutifolius* L., *P. lunatus* L., *P. vulgaris* L., *P. coccineus* L. e *P. polyanthus* Greenman (DEBOUCK, 1993). Entre elas, o *Phaseolus vulgaris* L. (Feijão comum) é o mais importante, por ser a espécie mais cultivada e por ser fonte de abastecimento alimentar do mundo (VIEIRA et al., 2005).

A planta de feijão possui caule herbáceo, apresenta o fenômeno de heterofilia, por formar dois tipos de folhas durante a sua ontogênese: folhas simples e folhas compostas, sua forma e tamanho variam de acordo com a cultivar e com os fatores ambientais. Possui quatro classes de raízes: primária, basais, adventícias e laterais. O sistema radicular atinge aproximadamente 20

cm de profundidade, com maior parte localizada nos 10 cm superficiais do solo (JÚNIOR, 1960).

A morfologia floral do feijoeiro favorece o mecanismo de autopolinização. As flores agrupam-se em ráculos, cada flor apresenta uma bráctea e duas bractéolas na base do pedúnculo floral. As flores são papilionadas com cálice gamossépalo, tubuloso na base, corola pentâmera e com uma quilha. A coloração das pétalas varia de branca a arroxeadada e está relacionada com as diferenças genéticas entre as cultivares, idade da flor e das condições do ambiente. O fruto é um legume (vagem), de um só carpelo, seco, deiscente, zigomorfo, geralmente alongado e comprimido. A coloração varia com a cultivar, de verde uniforme a arroxeadada ou quase negra, pode apresentar pintas e listras. A semente é exalbuminada, a coloração externa é variada, do branco ao negro (possui quase todas as cores), pode ser uniforme, pintada, listrada ou manchada (SANTOS et al., 2015).

Uma das características mais importantes é o hábito de crescimento das plantas, que pode ser: determinado, com inflorescência apical da haste principal e indeterminado com os meristemas apicais da haste principal e das laterais continuam vegetativos durante o florescimento (florescimento da base para o ápice). Com base nos caracteres de número de nós, comprimento dos internódios ao longo da haste principal, ramificação lateral e habilidade trepadora e os hábitos indeterminados e determinados as cultivares são classificados em: Tipo I – cultivares com hábito de crescimento determinado e arbustivo; Tipo II – plantas eretas e arbustivas; Tipo III – Prostrados e semitrepadoras; Tipo IV – plantas com grande capacidade trepadora (EMBRAPA, 2002).

Agronomicamente, a avaliação do porte das plantas é feita por meio de escalas. Como a proposta por Collicchio et al. (1997) com uma escala que vai de um (planta ereta) até nove (planta prostrada). A Nota 1 – refere-se ao hábito I ou II, planta ereta, haste única e inserção alta das primeiras vagens; Nota 2 – Hábito I ou II, planta ereta, com uma guia curta; Nota 3 – Hábito I ou II, planta ereta, com algumas ramificações; Nota 4- Hábito I ou II, planta ereta, com algumas guias longas; Nota 5 – Hábito II ou III, planta ereta, com muitas

ramificações e tendência a ser prostrada; Nota 6 – Hábito II ou III, planta semiereta, pouco prostrada; Nota 7 – Hábito III, planta semiereta, medianamente prostrada; Nota 8 – Hábito III, planta prostrada; Nota 9 – Hábito III, planta com internódios longos, muito prostrada.

O ciclo do feijoeiro é dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa é constituída pelas etapas: V0 - Germinação (início correspondente ao dia da sementeira em solo úmido, termina quando os cotilédones atingem a superfície); V1 – Emergência (surgimento, na superfície do solo, do hipocótilo encurvado, arrastando os cotilédones); V2 – Folhas primárias (abertura das folhas primárias); V3 – Primeira folha trifoliolada (primeira folha trifoliolada totalmente expandida); V4 – Terceira folha trifoliolada (com folíolos expandidos); e a reprodutiva pelas etapas: R5 – Pré-floração (após emissão do primeiro botão ou racimo floral); R6 – Floração (abertura da primeira flor); R7 – Formação de legumes (primeira vagem com a corola despreendida); R8 – Enchimento de legumes (início de inchamento das vagens); R9 – Maturação (quando a primeira vagem começa a descolorir ou secar, amarelecimento e queda das folhas) (QUINTELA, 2001).

2.3 Origem

De acordo com evidências botânicas, bioquímicas, arqueológicas, filológicas e históricas infere-se que o feijão é nativo das Américas (VIEIRA et al., 2005) e foi domesticado, primitivamente, por povos indígenas durante o período pré-colombiano (MENSACK et al., 2010). São conhecidos dois centros de domesticação, sendo um o Mesoamericano, que corresponde a América Central e México, onde se encontram as raças Mesoamérica (Raça M), Jalisco (Raça J) e Durango (Raça D); e o centro de domesticação Andino, compreendendo o norte dos Andes, com as raças Nova Granada (Raça N), Peru (Raça P) e Chile (Raça C) (SINGH, GEPTS e DEBOUCK, 1991).

No Brasil, as principais raças encontradas são Nova Granada e a Mesoamérica (BURLE et al., 2010). O conjunto gênico mesoamericano, representa a grande maioria das cultivares de feijão existentes no país devido as várias introduções de germoplasma durante o período de colonização

européia (GEPTS et al., 1988). Em razão da extensa variabilidade observada, foi sugerido que o Brasil seja considerado um centro secundário de diversidade da espécie (BURLE et al., 2010).

Os materiais genéticos oriundos dos centros Mesoamericano e Andino diferem em relação ao tipo de grão (cor, tamanho e forma), hábito de crescimento, adaptação ambiental, resistência à doença e quanto aos tipos de faseolina (GEPTS et al., 1986; SINGH et al., 1991). Observa-se que os feijões do conjunto gênico mesoamericano se adaptam melhor a ambientes com temperaturas elevadas, ao estresse hídrico, tolerância a seca, à baixa fertilidade do solo e possuem baixa sensibilidade ao fotoperíodo. Enquanto que os Andinos são mais adaptados em ambientes de altitude elevada, podendo ser sensíveis ao fotoperíodo ou não (SINGH et al., 1991), o que pode influenciar na qualidade do grão.

2.4 Tipos de grãos

A qualidade dos grãos de feijão é determinada por diversos fatores como qualidade comercial, culinária e nutricional. As características comerciais incluem atributos como tamanho de grão, forma, coloração do tegumento, brilho, propriedades de cocção e sabor que determina o tipo de grão. Entretanto, a qualidade culinária dos grãos é tão decisiva para o futuro de uma nova cultivar quanto o seu tipo comercial (VIEIRA et al., 2005). Para boa aceitação a cultivar de feijão deve atender aos padrões comerciais, como: a rápida absorção de água antes e durante o cozimento, menor tempo de cozimento, percentagem de sólidos solúveis no caldo, cor do tegumento e caldo atrativo, bom sabor, boa aparência e textura, alto teor de minerais, proteínas e vitaminas, além de estabilidade associada à alta produtividade de grãos (RAMALHO e ABREU, 2013).

Destes padrões comerciais o que mais influência na aceitabilidade do consumidor é a cor do tegumento, o que faz deste um atributo importante na comercialização dos grãos, devido a associação da coloração clara ao produto recém-colhido, sendo um indicativo de qualidade do grão. Os grãos escuros são considerados velhos e com características comerciais indesejáveis, como

maior tempo de cocção e dureza do grão, redução da capacidade de reidratação. A mudança na coloração do grão está relacionado aos compostos fenólicos presentes no tegumento, quando na presença de oxigênio ocasiona oxidações enzimáticas mediadas por óxido-redutases e, conseqüentemente, há o escurecimento do grão (MARLES; VANDENBERG; BETT, 2008).

Em algumas classes comerciais de feijão, como o carioca, após um período de armazenamento a cor creme do tegumento muda lentamente para marrom escuro aumentando o tempo do cozimento e o grau de dureza do grão, além de mudanças no sabor e redução da digestibilidade o que torna-os menos aceitáveis pelos consumidores (RAMALHO e ABREU, 2013). Segundo Siqueira et al. (2014), a cor do grão não é um parâmetro adequado para predizer a dureza ou resistência à cocção adquirida por grãos de feijão carioca ao longo da vida de prateleira. Pois existem genótipos de feijão que apresentam a cor bem clara no qual sua tonalidade é mantida durante o armazenamento, como o BRSMG Madrepérola, e outras que pouco tempo após a colheita apresentam escurecimento dos grãos sem relação direta com o tempo de cozimento.

A dureza dos grãos mensurada instrumentalmente é outro parâmetro utilizado na determinação da qualidade do feijão pelo fato da maciez proporcionar maior aceitação do produto pelo consumidor, por reduzir o tempo de cozimento e manutenção da qualidade nutricional e sensorial. A dureza dos grãos recém-colhidos é menor em alguns genótipos, devido às características genéticas destes grãos ou à interação de fatores genéticos e ambientais. Porém, logo após um mês de armazenamento a dureza dos grãos tende a aumentar e igualar-se, independente do genótipo (SIQUEIRA et al. 2014). O escurecimento pós-colheita do grão é outro fator que está relacionado as interações genótipo x ambiente, sendo as condições de armazenamento determinantes no processo de conservação da qualidade pós-colheita dos grãos de feijão e na classificação dos feijões em grupos comerciais (ARAÚJO; RAMALHO; ABREU, 2012).

Os feijões são classificados em grupos comerciais de acordo com o padrão de cores e tamanhos. Feijões de origem andina, frequentemente apresentam grãos de tamanho grande (em torno de 40g/100 grãos), enquanto

que feijões de origem mesoamericana tendem a apresentar grãos pequenos a médios (18 a 28g/100 grãos) (VIEIRA et al., 2005). De acordo com a coloração do tegumento do grão, o feijão comum, é classificado em quatro classes: preto (grãos com, no mínimo, 97% de coloração preta), branco (grãos com, mínimo, 97% de coloração branca), cores (grãos com, no mínimo, 97% de grãos da classe cores, admitindo-se até 10% de outras cultivares da classe cores, que apresentem contraste na cor ou no tamanho) ou misturado (produto que não atenda às especificações de nenhuma das classes anteriores) (MAPA, 2008).

Através dessa classificação observa-se a grande diversidade existente para as cores dos grãos de feijão. Estas são determinantes na divisão quanto aos vários grupos comerciais de feijão comum que são: carioca (tegumento claro com listras de cor bege, grãos de pequeno a médio), preto (tegumento preto, grãos pequenos a médios), rajado (tegumento claro com listras vermelhas, ou o contrário, grãos grandes), rosinha (tegumento bege com halo rosado, grãos pequenos), mulatinho (tegumento bege claro, grãos pequenos), roxo (tegumento roxo, grãos pequenos), vermelho (tegumento vermelho, grãos pequenos), bolinha (tegumento amarelo, formato arredondado, grãos pequenos), canário (tegumento amarelo, grãos médios), jalo (tegumento bege/amarelado com halo escuro, grãos grandes), dentre outros (VIEIRA et al., 2005).

A preferência quanto ao grupo comercial de feijão (tipos de grãos de feijão consumidos) é dependente dos aspectos culturais de cada região brasileira. Sendo os feijões mais cultivados o tipo carioca, preto, roxo, mulatinho, rosinha, vermelho e manteigão (sementes graúdas e de diferentes cores). Na região de Minas Gerais, Zona da Mata, há preferência pelos grãos de cores vermelha e preta. No Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul do Paraná, Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo há uma maior aceitação de grãos tipo preto (VIEIRA et al., 2005). O feijão carioca é bem aceito em todo território nacional, possui cor creme com rajadas marrons e massa de 100 grãos variando de 23 a 25g (RAMALHO e ABREU, 2013). Pertence junto com o feijão tipo preto a raça Mesoamericana não sendo classificados como feijões de grãos especiais (BLAIR et al., 2010).

Os feijões de grãos especiais englobam todos os feijões que possuem tegumento branco, vermelho, creme, amarelo, roxo, bege, entre outros, com ausência ou presença de estrias ou rajas de outras cores e com grãos de tamanho médio a grande (BLAIR et al. 2010). Apesar de muitos serem restritos a determinadas regiões, apresentam grande importância regional. Como é o caso do feijão-jalo, na região de Paracatu-MG e do feijão vermelho na zona da mata de Minas, com preços de mercado bem superiores aos demais tipos comercializados (feijão carioca e preto) (RAMALHO e ABREU, 2013). Contudo, tendem a apresentar menor produtividade devido à falta de cultivares adaptadas as condições do Nordeste brasileiro, devido aos programas de melhoramento terem focado no melhoramento de cultivares com grãos tipo preto e carioca, por serem os feijões mais produzidos e consumidos pela população durante décadas (MAPA, 2012). Esses tipos de grãos são bem aceitos no mercado internacional, possuindo, porém, uma baixa produção no Brasil. Além dos diversos fatores que limitam o desenvolvimento e produtividade da cultura do feijão, em especial na região semiárida, causando perdas produtivas e econômicas durante todo o ciclo da cultura (EMBRAPA, 2013).

2.5 A Cultura do feijoeiro no Vale do Submédio São Francisco

O Vale do Submédio São Francisco é considerado um grande pólo produtor de frutas e hortaliças em sistemas irrigados, com predominância de pequenas e médias propriedades, com destaque para a agricultura familiar. Constitui uma pequena área de cultivo irrigado do feijão comum sendo, o mesmo, considerado uma opção de cultura de subsistência para os pequenos produtores da região. A época recomendada de plantio é a partir do mês de abril a maio quando a temperatura é mais amena (COSTA e LOPES, 1999). Apesar dos diversos fatores limitantes para o desenvolvimento da cultura do feijoeiro comum na região, há uma boa aceitação por parte do produtor, por ser de fácil comercialização tanto na região, quanto em todo território brasileiro e possuir ciclo curto podendo ser cultivado irrigado ou em sequeiro.

Além de ser cultivado em diferentes sistemas de cultivo, tanto solteiro como integrado a outros sistemas como consórcio e sucessão, sendo o consórcio com o milho e mandioca bastante utilizado na região Nordeste. Pode ser também consorciado com as fruteiras como a videira, mangueira, goiabeira, entre outras culturas, o que mostra o grande potencial de adaptação do feijoeiro às condições do Vale do Submédio São Francisco.

Dos diversos fatores limitantes à produção do feijoeiro comum sob condições semiáridas destacam-se: a ocorrência de doenças (podridão do colo, podridão cinzenta do caule, begomoviroses e nematoides) e pragas (cigarrinha verde e a mosca branca) indesejáveis durante o cultivo, as elevadas temperaturas, deficiência hídrica e solos salinos causadores de grandes perdas durante o ciclo da cultura. Entretanto, destes fatores, a limitação de água (deficiência hídrica) é o que mais causa prejuízos à cultura do feijoeiro, reduzindo consideravelmente a produtividade e ocasionando perdas econômicas ao produtor. Com o emprego de cultivares com melhor uso efetivo da água há uma melhor adaptação do feijoeiro comum às condições de estresse hídrico da região, o que resultará na melhor qualidade dos grãos, maior produção e fonte de renda para o produtor e, conseqüentemente, melhor qualidade e produção de feijão na região.

Grande parte da água potável do planeta é utilizada na irrigação. Devido às mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos, verifica-se que o emprego da água tende a ser cada vez mais oneroso (BORÉM e RAMALHO, 2011). Em algumas regiões, como é o caso do Vale do Submédio São Francisco, as chuvas estão cada vez mais irregulares, o que reflete diretamente no regime fluviométrico do Rio São Francisco. Desde 2013, a bacia do rio São Francisco vem enfrentando condições hidrológicas adversas, com vazões e precipitações abaixo da média e diminuição nos níveis de armazenamento dos reservatórios localizados na bacia. Chove abaixo da média na bacia do São Francisco há sete anos, o que provoca um grande período de estiagem e a diminuição do volume de água da bacia do Rio São Francisco (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2016). Influencia diretamente na disponibilidade de água para os produtores e conseqüentemente redução da produção, o que causa prejuízos aos mesmos. É

sabido que a agricultura é uma das mais importantes atividades econômicas para a região, e por essa razão, há a necessidade de obter cultivares com melhor uso efetivo da água.

Pesquisas com feijão comum nas condições regionais são escassos. Há a necessidade de identificar linhagens que sejam mais produtivas e bem adaptadas regionalmente, de forma que sejam tolerantes aos principais fatores limitantes. Entre eles, a deficiência hídrica, que causa grandes perdas produtivas e econômicas para o agricultor. Dessa forma, torna-se necessário avaliar caracteres relacionados ao uso efetivo da água e a tolerância ao estresse hídrico, visando não só a identificação de linhagens adaptadas para cultivo na região como também potenciais genitores com maior eficiência do uso da água para programas de melhoramento.

2.6 Fatores limitantes para o desenvolvimento da cultura

O feijão comum é, muitas vezes, exposto a fatores que são desfavoráveis ao seu desenvolvimento. Os fatores podem ser de origem abiótica, causados por fatores desfavoráveis do ambiente para a planta, ou seja, efeitos oriundos de elementos físicos do ambiente ou biótica ocasionada por efeitos causados por organismos em um ecossistema. Destes, os fatores abióticos causam maiores perdas produtivas que os fatores bióticos.

2.6.1 Fatores Abióticos

Diversos fatores ambientais afetam o desempenho do feijoeiro, tais como temperaturas muito baixas ou altas, umidade do solo (deficiência hídrica ou excesso de água), salinidade, acidez e falta ou excesso de nutrientes. Apesar da maioria das cultivares de feijoeiro serem pouco tolerantes aos fatores extremos do ambiente, isso não impede que seja produzido em grande extensão no território brasileiro devido a sua importância econômica, demanda de consumo e ciclo curto (ANDRADE et al., 2015) e utilização de cultivares tolerantes ao estresse, desenvolvidas por meio do melhoramento genético. O desenvolvimento de cultivares mais tolerantes aos estresses bióticos e abióticos contribuiu, nos últimos anos, para o aumento da produção do Brasil,

principalmente na melhoria para minimizar os efeitos causados devido as elevadas temperaturas e a seca (RAMALHO et al., 2009).

É necessário o melhoramento das cultivares de feijão visto que são altamente sensíveis aos fatores abióticos; o que pode ocasionar em danos irreversíveis para a cultura como a desnaturação das proteínas e bloqueio da síntese proteica interferindo na síntese de DNA e no crescimento celular provocando a morte da planta. As plantas quando submetidas a ambientes desfavoráveis para o seu desenvolvimento, geralmente, sofrem estresse. Como resultado, são impedidas de manifestar todo o seu potencial genético para a produção de grãos, fibras, entre outros, o que é decorrente de fatores que podem ser de origem abiótica ou biótica (RAMALHO et al., 2009).

O déficit hídrico, o estresse térmico e choque térmicos, salinidade, entre outros estresses sofridos pela planta, são os fatores principais que restringem o crescimento vegetal, de forma que a biomassa ou as produtividades agrônomicas no final da estação não refletem o potencial genético das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009). A salinidade devido a drenagem deficiente, manejo da irrigação inadequado, aliado à baixa precipitação e elevada evapotranspiração das regiões áridas e semiáridas, tem ocasionado a ascensão do lençol freático em algumas áreas. E, como consequência, o acúmulo de sais no perfil do solo em quantidades prejudiciais para o desenvolvimento, crescimento, rendimento das plantas e redução do valor e da produtividade das áreas afetadas. Além de causar a diminuição na absorção de água, germinação de sementes, crescimento e vigor de plântulas, crescimento vegetativo, floração e maturação de frutos (BOURGAULT et al., 2010). É possível, contudo a seleção de materiais genéticos mais tolerantes ao estresse salino entre genótipos de feijão (HERNÁNDEZ-LUCERO et al., 2013).

O estresse térmico reduz a produtividade de grãos devido ao abortamento de flores e vagens, reduzir a taxa de fertilização das flores e esterilidade do grão de pólen (PORCH E JAHN, 2001). A alta disponibilidade hídrica pode contribuir, para atenuação dos efeitos do estresse térmico, sendo as principais razões elencadas a manutenção do status hídrico da planta e o não fechamento estomático. Nem todas as plantas são expostas a

temperaturas estressantes da mesma forma, em uma mesma taxa ou pelo mesmo período. Com elevadas temperaturas a fotossíntese e a respiração são inibidas. A medida que a temperatura aumenta as taxas fotossintéticas caem antes das taxas respiratórias. Sendo considerado, este desequilíbrio, uma das principais razões dos efeitos deletérios em temperaturas altas, além de provocar, na maioria das vezes, a perda de carboidratos e açúcares, modificação da composição e estrutura de membranas e prejudica a estabilidade de proteínas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O estresse hídrico vem sendo um dos fatores mais limitantes para o desenvolvimento da cultura do feijão comum dado a maior parte de suas safras serem obtidas em condições de sequeiro ou sem aporte tecnológico da irrigação. O que se torna um grande problema para os pequenos agricultores que não têm meios para propiciar os sistemas de irrigação para suas lavouras, além de algumas cultivares recentes de feijão serem menos tolerantes ao estresse hídrico (SINGH, 2001). Segundo Cavatte et al. (2011), as perdas relacionadas a deficiência hídrica têm sido o principal desafio para a produção de grãos, sendo considerado o fator ambiental que mais limita a produtividade das culturas em todo mundo, especialmente nas regiões semiáridas. Sendo, o emprego de cultivares com melhor eficiência no uso da água altamente desejável, visto que o feijoeiro é cultivado durante todo o ano e a disponibilidade de água é um fator limitante, com a necessidade do emprego da irrigação artificial e utilização de cultivares adaptadas.

Devido a limitação da disponibilidade de água, principalmente nas regiões semiáridas do nordeste brasileiro, o melhoramento para o uso efetivo da água tem sido uma preocupação de muitos centros de pesquisa. A maioria dos trabalhos realizados são em condições de campo com a finalidade de selecionar genótipos mais eficientes no uso da água. O melhoramento para condições de deficiência hídrica é realizado pela condução de experimentos parciais ou inteiramente em condições de seca. De forma que o estresse seja manejado por meio da irrigação, e seja possível a seleção de genótipos mais eficientes no uso da água (SILVA et al., 2011). Impedindo a planta de

expressar plenamente o seu potencial genético de crescimento, desenvolvimento e reprodução.

Para isso, é necessário considerar os fatores duração, intensidade e uniformidade como meios para estabelecer um manejo de estresse adequado. A duração deve coincidir com os estádios críticos de desenvolvimento da planta e envolver caracteres que possam ser selecionados pelo melhoramento genético. A intensidade deve ser severa o bastante para afetar os caracteres importantes de produtividade e permitir a diferenciação do germoplasma quando as plantas são submetidas às condições ótimas de disponibilidade de água e à deficiência hídrica (SILVA et al., 2011). Por fim, o manejo deve ser uniforme, no tempo e no espaço, de forma que o efeito genético seja facilmente observado e sejam possíveis, os ganhos genéticos (BEEBE et al., 2013).

Segundo Fritsche-Neto et al. (2011), a moderada exposição ao estresse não excede o limite de tolerância e causa apenas alterações temporárias na planta, modificações permanentes são decorrentes de exposições prolongadas. Logo após a recuperação de distúrbios reversíveis, o aumento da matéria seca retorna às taxas originais. Mas em caso de estresse crônico, a taxa de crescimento é continuamente reduzida e a perda da produtividade é significativamente maior, o que resulta em modificações permanentes. A duração, intensidade e frequência com que o estresse é imposto, influenciam a resposta das plantas ao estresse, causando respostas diferenciadas aos diferentes genótipos no mesmo tipo de estresse.

A adaptação da planta ao déficit hídrico é complexa, abrangendo mecanismos fisiológicos (transpiração reduzida, elevado e eficiente uso de água, fechamento estomático e eficiência fotoquímica), morfológicos (área reduzida da folha, índice de cera, sistema radicular eficiente) e bioquímicas (acúmulo de solutos como prolina e glicina), para impedir o efeito do estresse ou recuperar-se rapidamente dele (ZHENG et al., 2000); estando diretamente vinculado à expressão de diversos genes que necessitam da interação e das ações conjuntas destes. Tendo o avanço das técnicas de engenharia genética auxiliado nesta adaptação, através de mecanismos moleculares de respostas ao estresse hídrico que vem mostrando resultados

promissores que podem ser aplicados na agricultura devido as modificações genéticas de tolerância ao estresse hídrico (WANG et al., 2003; LOKA, 2011).

Há três mecanismos de resistência à seca: o escape, o retardo de desidratação e o mecanismo da tolerância a seca. O escape é a capacidade das plantas completarem seu ciclo de desenvolvimento antes que o déficit hídrico torne-se severo o bastante para provocar dano fisiológico. Envolve desenvolvimento fenológico rápido: floração e maturação precoce; alto grau de plasticidade: variação na duração do período de crescimento dependendo da extensão do estresse hídrico e remobilização de fotoassimilados ao grão. O segundo mecanismo, o retardo de desidratação, é a capacidade da cultura em manter o potencial de água do tecido relativamente alto, apesar da escassez de umidade do solo. É conseguido através da absorção de água pelo sistema radicular eficiente e redução da perda por transpiração através do fechamento estomático ou por vias não estomáticas como a cutícula, mantendo o turgor da planta. E o mecanismo da tolerância à seca é a capacidade da planta em manter o metabolismo, em condições de déficit hídrico, mesmo com baixo potencial de água no tecido. É conseguido através do ajuste osmótico (acúmulo de solutos compatíveis ou osmólitos), proteínas osmoprotetoras, capacidade antioxidante, aumento da elasticidade celular e diminuição do tamanho das células (VERSLUES et al., 2006).

Os genótipos que diferenciam quanto a tolerância, devem apresentar divergências qualitativas e quantitativas em expressão gênica (NEPOMUCENO et al., 2001). Segundo Shinozaki e Yamaguchi-Shinozaki (2007), a tolerância ao déficit hídrico possui uma grande diversidade de genes e rotas bioquímicas. E os níveis de expressão gênica são alterados em função da resposta ao deficit hídrico (TALAMÉ et al., 2006; ZHOU et al., 2007).

As diferentes reações de cada genótipo juntamente com as variações ambientais (temperatura do ar, condição hídrica, déficit de saturação de vapor do ar e radiação fotossinteticamente ativa) possibilitam tolerá-las quando em níveis críticos mantendo as taxas de fotossíntese equilibradas (COSTA et al., 2002). Porém, há uma limitação no melhoramento para EUA por esse caráter ser controlado por múltiplos genes e haver forte interação entre a

expressão destes e os diferentes níveis de disponibilidade hídrica (ASHRAF, 2010). A deficiência hídrica reduz a variabilidade em produtividade, porém efeito oposto ocorre em relação a caracteres secundários, como no intervalo do florescimento (BANZIGER et al., 2006). Sendo comum, nestes ambientes, a utilização de caracteres secundários para auxiliar na seleção de genótipos mais produtivos ou eficientes no uso da água. Podendo quantificar, através destes caracteres, a influência da deficiência hídrica sobre a cultura (BANZIGER et al., 2000).

O rendimento em condições com baixas disponibilidades de água pode ser determinado por fatores genéticos que controlam o potencial de rendimento, resistência à seca e eficiência no uso da água. O uso consciente de água tornou-se uma importante prática agrônômica para aumentar a produção de culturas de sequeiro em ambientes que são, em grande parte, baseados no uso do armazenamento da umidade do solo (BLUM, 2005). Com isso, a produtividade das plantas, em condições limitantes de água, dependerá da quantidade de água disponível no ambiente e da eficiência de uso pela planta, sendo que o organismo que obtiver capacidade de absorver maior teor de água ou maior eficiência em utilizar a água disponível, resistirá melhor à seca (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A limitação de água durante as fases mais críticas como a germinação e emergência, floração e enchimento de grãos interfere diretamente nos processos de absorção e translocação de nutrientes, fotossíntese e translocação de assimilados, transpiração, respiração, crescimento da planta e produção de grãos (ANDRADE et al., 2015). Durante a deficiência hídrica, os assimilados são direcionados para os frutos (grãos) e distanciados das raízes, limitando o crescimento das raízes em direção as zonas úmidas do solo durante o estresse, o que reduz a absorção de água. Esta competição entre raízes e frutos por assimilados, explica o porquê das plantas serem mais sensíveis ao estresse hídrico durante a fase de reprodução. O estresse hídrico reduz a fotossíntese e o consumo de assimilados nas folhas em expansão, porém a capacidade de continuar translocando assimilados é um fator-chave da resistência à seca pelo vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A eficiência do uso da água é uma maneira de melhorar a condição hídrica da planta e ajudar a resistir a seca e obter sucesso reprodutivo (BLUM, 2009). Com isso, torna-se necessário o estudo do real potencial genético das plantas de feijoeiro nessas condições de estresses hídrico no Vale do Submédio São Francisco, visto que é um fator que interfere na produção de diversas culturas na região.

2.6.2 Fatores Bióticos

As perdas decorrentes dos fatores bióticos são consideráveis ao longo do cultivo do feijoeiro, sendo necessária a adoção de medidas de controle como utilização de sementes sadias e certificadas, aplicação de defensivos, além de cultivares melhorados que sejam tolerantes ou resistentes a pragas e doenças que venham causar reduções significativas no rendimento da cultura.

Dentre as pragas encontradas nas lavouras de feijoeiro na região, as que causam maiores prejuízos são a cigarrinha verde e a mosca branca. A cigarrinha verde (*Empoasca kraemer*) é uma praga que prefere regiões de clima seco e quente. O dano à planta é causado pelas ninfas e adultos que se alimentam no floema da planta, sugando a seiva, o que pode provocar amarelecimento seguido de um secamento nas margens das folhas e curvatura das folhas para baixo (QUINTELA, 2001).

A mosca branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) assim como a cigarrinha verde foi agrupada como praga sugadora e raspadora por ter como dano direto a sucção da seiva, provocando alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta, com redução na produtividade e na qualidade dos grãos. O dano indireto causado pela mosca branca, está relacionado a transmissão do vírus do mosaico dourado (BGMV) que depende da suscetibilidade da cultivar plantada, da taxa de incidência do vírus na lavoura e do estágio de desenvolvimento da planta na época da incidência da doença (QUINTELA e BARBOSA, 2015). O dano indireto é um dos principais na região, o que faz do BGMV uma das principais begomovirose do feijoeiro no Vale. O BGMV ganha destaque juntamente com: podridão do colo, a podridão cinzenta do caule e

nematoides-das-galhas. As principais características destas doenças serão descritas a seguir.

O VMDF é causado pelo vírus *Bean gold mosaic vírus* (BGMV), pertence ao gênero Begomovirus, geralmente os sintomas surgem a partir da fase V4 (terceira folha trifoliada) do feijão ou antes caso a população do vetor seja elevada. Ocorre deformação foliar e muitas folhas ficam amareladas e descoloridas. As vagens malformadas produzem sementes descoloridas e pequenas, porém não transmite o VMDF. A redução da produtividade, nesse caso, depende da época em que surgem os sintomas e a disseminação pode depender mais da migração do inseto-vetor (mosca-branca) e da existência de reservatórios do vírus (PAULA JÚNIOR e ZAMBOLIM, 2013).

A Podridão-do-colo, também conhecida como murcha-de-sclerotium, é causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii*. Os sintomas iniciais aparecem na região do colo da planta, ao nível do solo, na forma de lesões aquosas e escuras. Posteriormente, estende-se pela raiz principal e produz uma podridão cortical, frequentemente recoberta por um micélio branco, no qual se desenvolvem numerosos escleródios pardos. Na parte aérea, as plantas apresentam amarelecimento e desfolha dos ramos superiores e uma murcha repentina que conduz à seca total (EMBRAPA, 2013).

A Podridão-cinzenta-do-caule é causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* (Tassi). Em regiões mais quentes este patógeno provoca perdas expressivas e danos mais severos quando a cultura é exposta à seca. Quando as plântulas são infectadas precocemente apresentam lesões escuras, deprimidas, com margens bem definidas, apresentando, às vezes, anéis concêntricos os quais podem rodear completamente o caule. Em plantas já desenvolvidas a doença progride mais lentamente, causando raquitismo, clorose e desfolhamento prematuro, particularmente do lado onde localiza a lesão, podendo aparecer massas de escleródios. As vagens em contato com o solo contaminado são invadidas pelo fungo, infectando as sementes (PAULA JÚNIOR e ZAMBOLIM, 2013).

Os nematoides causadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) são os mais importantes dentre os nematoides que podem infectar a cultura do feijão

comum. Ocorrem na maioria das áreas de plantio da região Nordeste e pode vir a ser um problema em áreas de solos aluviais próximas ao Rio São Francisco. O nematoide-das-galhas pode ser reconhecido facilmente pelo exame do sistema radicular das plantas, no qual produzem alargamentos ou dilatações das raízes, denominadas galhas. As plantas infectadas apresentam crescimento reduzido, amarelecimento das folhas semelhante a sintomas de deficiência nutricional e murcha durante os períodos de estresse hídrico (EMBRAPA, 2013).

Como observado anteriormente através das características relacionadas as pragas e doenças, estas podem causar perdas expressivas na cultura do feijoeiro se não manejados corretamente. As principais medidas de controle a serem utilizadas são a utilização de sementes saudáveis, tratadas e certificadas e o uso de cultivares resistentes que são as formas mais eficazes e econômicas de se reduzir os danos causados pelos fatores bióticos. O desenvolvimento e uso de cultivares resistentes reduz as perdas na produção e melhora a qualidade das vagens e sementes; amplia a adaptação e melhora a estabilidade do desempenho das cultivares; reduz e melhora a eficiência do uso de defensivos; minimiza os perigos para a saúde e os impactos ambientais adversos; reduz os custos de produção; aumenta a rentabilidade e a competitividade dos produtores nos mercados nacionais e internacionais e apoia sistemas de produção orgânica e convencional de insumos reduzidos e sustentáveis (SINGH e SCHWARTZ, 2010). Porém a eficácia destas alternativas é dependente de fatores ambientais locais e muitas vezes não atinge um nível de controle que seja suficiente para evitar os prejuízos. Sendo necessária a utilização de cultivares melhoradas e adaptadas às condições ambientais da região em que a cultura está sendo implantada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, em duas safras, na área experimental do setor de produção vegetal do Campus de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), em Petrolina-PE. As coordenadas geográficas são 9°19'10,47" de latitude Sul e 40°33'48,91" de longitude Oeste, altitude média de 375 m, relevo plano. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrocoeso típico, textura arenosa por Silva et al. (2017). O clima da região segundo a classificação de Köppen, é tropical semiárido, tipo BSwH, caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações, com chuvas durante o verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas. E temperatura média é de 26,3 °C, tendo os meses de junho e julho com temperaturas mais amenas.

3.2 Linhagens utilizadas

As linhagens de *Phaseolus vulgaris* L. avaliadas foram obtidas do banco de germoplasma da Univasf e da Embrapa Arroz e Feijão, e possuem diferentes tipos de grãos. Nas duas safras realizadas, foram utilizadas como testemunhas, três cultivares comerciais que, atualmente, são recomendadas para o estado de Pernambuco (BRS Pontal, BRS Radiante e BRS Vereda), 25 linhagens com grãos especiais, cinco com grãos tipo carioca e seis com grãos tipo preto, totalizando 36 tratamentos que estão descritas na Tabela 1. As linhagens com a sigla BGF (Banco de Germoplasma de Feijão) são oriundas de agricultores ou doações.

Tabela 1: Linhagens utilizadas no experimento, tipo de grão e sua obtenção

Linhagem	Tipo de Grão	Origem	Linhagem	Tipo de Grão	Origem	Linhagem	Tipo de Grão	Origem
BRS Valente	Preto	Embrapa Arroz e Feijão	BRS Radiante	Rajado	Embrapa Arroz e Feijão	BGF10	Manteigão	Campina Grande-PB
BGF1	Preto	Reduto – MG	BGF3	Rajado	São Gabriel – BA	BGF11	Manteigão	Reduto-MG
BRSMG Supremo	Preto	Embrapa Arroz e Feijão	BGF4	Rajado	Campina Grande – PB	Divino	Branco	Espera Feliz-MG
BRS Esplendor	Preto	Embrapa Arroz e Feijão	BRS Antares	Rajado	Embrapa Arroz e Feijão	BRS Timbó	Roxo	Embrapa Arroz e Feijão
BRS Campeiro	Preto	Embrapa Arroz e Feijão	BRS Executivo	Rajado	Embrapa Arroz e Feijão	BRS Tesouro	Roxo	Embrapa Arroz e Feijão
BGF2	Preto	Desconhecido	BGF5	Branco	Campina Grande-PB	BRS Pitanga	Roxo	Embrapa Arroz e Feijão
Pérola	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão	BRS Ártico	Branco	Embrapa Arroz e Feijão	BGF12	Roxo	Soledade-PB
BRSMG Madrepérola	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão	BGF6	Rosinha	Desconhecido	BGF13	Pardo	Soledade-PB
BRS Pontal	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão	BGF7	Mulatinho	Reduto-MG	Jalo Precoce	Jalo	Embrapa Arroz e Feijão
BRS Cometa	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão	BGF8	Bolinha	Euclides da Cunha-BA	BGF14	Mulatinho	São João do Cariri-PB
BRS Notável	Carioca	Embrapa Arroz e Feijão	BGF9	Manteigão	Triunfo-PE	BRS Vereda	Rosinha	Embrapa Arroz e Feijão
BRSMG Realce	Rajado	Embrapa Arroz e Feijão	Alegria	Manteigão	Reduto-MG	BGF15	Mulatinho	Mossoró-RN

3.3 Delineamento Experimental

Para cada safra realizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram nos diferentes níveis de água no solo (nível 1 e nível 2) nas parcelas e 36 linhagens de feijão nas subparcelas. O nível 1 com disponibilidade de água adequada de água no solo para o desenvolvimento da cultura e irrigação plena. E o nível 2 com estresse hídrico induzido a partir de V4, terceira folha trifoliolada completamente expandida, por intermédio da suspensão de água de irrigação e baixa disponibilidade de água no solo. A parcela experimental, para a safra 2016, foi composta por quatro linhas de três metros, espaçadas de 0,5 m. A densidade de semeadura foi de 12 plantas por metro linear. Para a safra 2017, a parcela experimental foi composta por quatro linhas de dois metros, espaçadas de 0,5 m. A densidade de semeadura foi 10 plantas por metro linear.

3.4 Primeira Safra

O experimento foi instalado no período de maio a julho de 2016, em sistema de cultivo mínimo, utilizando-se como cobertura a vegetação espontânea dessecada. Para a dessecação aplicou-se 2 litros ha^{-1} de glifosato, 25 dias antes da semeadura. Para a semeadura foram abertos sulcos de 2 cm de profundidade e logo após realizado o semeio do feijão no campo.

Coletou-se amostras de solo indeformadas, com o objetivo de verificar a capacidade de campo (θ_{cc}) e ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), de forma que auxiliasse no manejo de irrigação para os dois ensaios realizados. Por meio da câmara de Richards, nas tensões de -10 kPa e -1500 kPa, determinou-se para o Nível 1 (sem estresse) $\theta_{cc} = 0,1104 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ e $\theta_{pmp} = 0,039 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. E para o nível 2 (com estresse) encontrou-se valores de $\theta_{cc} = 0,1232 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ e $\theta_{pmp} = 0,0477 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.

A irrigação do experimento foi realizada por sistema de aspersão convencional semifixo, com os aspersores em linhas laterais dispostos em um espaçamento de 6 m x 12 m, pressão de serviço de 196 kPa, diâmetro de bocais de 3,0 mm x 2,6 mm, vazão de $0,89 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Realizou-se o teste de uniformidade do sistema de irrigação, como descrito por Bernardo (2011),

obtendo CUC = 88%. As lâminas de água foram aplicadas duas vezes na semana para o experimento com estresse hídrico e diariamente para o experimento sem estresse hídrico, de acordo com a necessidade hídrica da cultura. É estimada com base na evapotranspiração de referência (ET_0) obtida pelo método de Penman-Monteith, com base nos dados climáticos de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento, insolação e radiação solar global e precipitação registradas por meio da estação meteorológica automática localizada na área experimental. A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada pela Evapotranspiração de referência (ET_0) e do coeficiente de cultivo (K_c) da cultura, este último obtido segundo a FAO (Food and Agriculture Organization).

Para verificar a quantidade de água disponível para as plantas, foram coletadas, semanalmente, amostras de solos a partir do estágio V4 para verificar o teor de água no solo nos dois níveis avaliados. Foram coletadas 20 amostras de solo, por semana, sendo 10 amostras para cada nível até o final do ciclo. Ocorrendo irrigação, para o experimento com estresse, duas vezes na semana, elevando o solo para a CC após a irrigação. A irrigação referente ao nível 2, quando realizada, fora de acordo com a necessidade diária da cultura referente ao dia da irrigação.

Na condução do experimento, para o controle de plantas infestantes, realizou-se capinas e aplicação de herbicida seletivo para a cultura do feijão com princípio ativo Bentazona e Imazamoxi (Ampló®). Foram realizados tratamentos culturais a fim de manter a área livre de insetos e doenças, com aplicação de inseticida a base de Piriproxifen, Imidacloprid e Lambda cialotrina. A adubação de plantio e cobertura foi feita de acordo com a análise química do solo que apresentou pH (H_2O)= 6,6; K^+ = 0,40 cmol dm^{-3} ; P= 89 mg dm^{-3} ; Ca= 2,4 cmol dm^{-3} ; Mg= 1,6 cmol dm^{-3} ; Na= 0,06 cmol dm^{-3} ; Al= 0,0%; M.O.= 6,6 g/kg; T= 6,22 V%= 72%.

Após as vagens secas, realizou-se o processo de trilha manual. Posteriormente, os grãos foram levados para o laboratório para avaliações de produtividade dos grãos e determinação da massa de 100 grãos.

As temperaturas e umidade médias, registradas durante a realização do experimento, estão apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Durante a Safra 2016, foram registrados valores médios referentes a temperatura de 24,8 °C, com mínima de 19,6 °C e máxima de 31,0 °C. Os valores médios referentes a umidade relativa do ar foram de 55,1% de umidade, com mínima de 45% e máxima de 81% segundo dados da estação meteorológica localizada na área experimental. No período compreendido entre a semeadura e a colheita, não houve registros de precipitação. A aplicação da água de irrigação, durante o ciclo, foi de, aproximadamente, 324 mm para o nível 1 e 210 mm para o nível 2.

Figura 1:Gráfico de Temperatura Média, em graus Celsius, referente a Safra 2016 e Safra 2017.

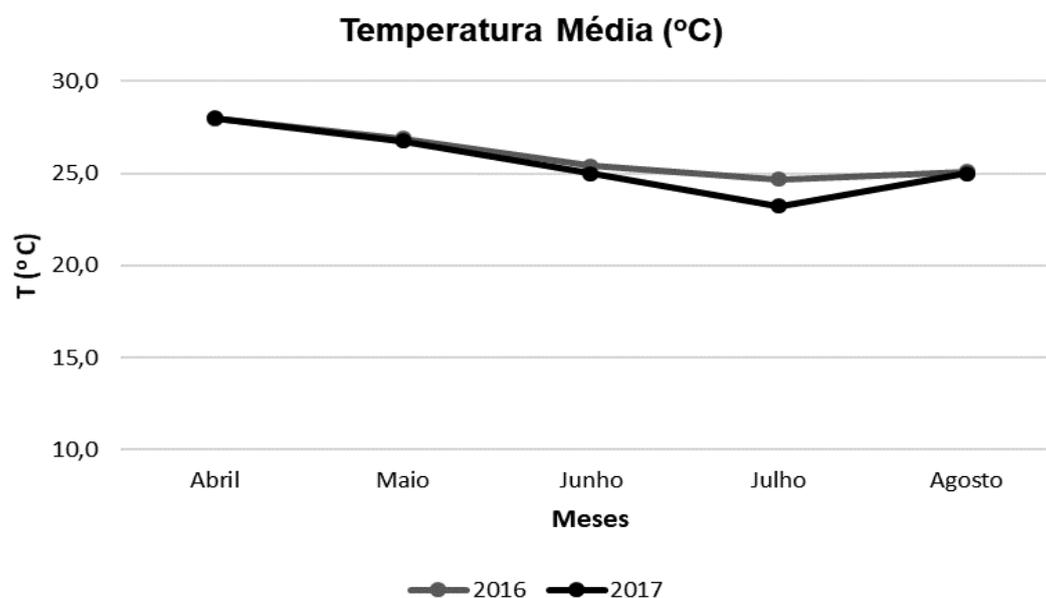
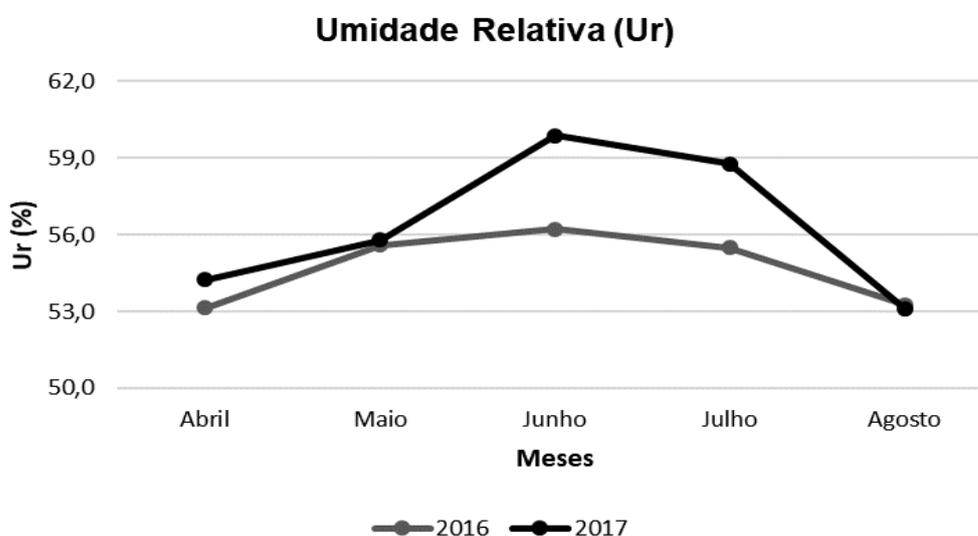


Figura 2: Gráfico de Umidade Relativa, em porcentagem, referente a Safra 2016 e Safra 2017.



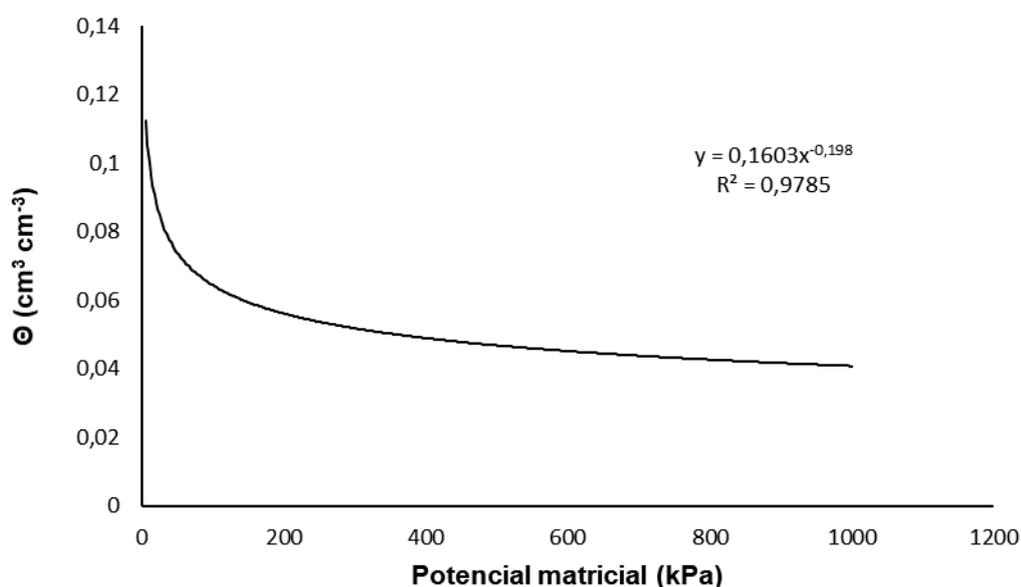
3.5 Segunda Safra

O experimento foi instalado no período de abril a julho de 2017, em sistema de cultivo convencional. No preparo do solo, realizou-se duas gradagens. Para a irrigação empregou-se o sistema de gotejamento, com pressão de 2 mca e vazão de $1,00 \text{ L h}^{-1}$. Foi realizado o teste de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema montado, segundo metodologia proposta por Bernardo (2011), obtendo-se o coeficiente de 96%.

Coletou-se amostras de solo indeformadas para determinação da curva de retenção de água no solo na camada de 0-15 cm (Figura 3) no Extrator de Richards, onde os valores de capacidade de campo (- 6 kPa) foi de $0,1184 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e ponto de murcha permanente (-1500 KPa) de $0,0415 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Instalou-se seis baterias de tensiômetros, sendo três baterias para cada Nível avaliado. A lâmina de água aplicada foi de acordo com as leituras dos tensiômetros. As leituras de tensão foram obtidas pela inserção de tensímetro digital na tampa hermética dos tensiômetros, onde foi considerada o valor da tensão a média dos três tensiômetros da camada de 0-15 cm; os dados foram lançados em gráfico, utilizando-se programa Excel, testando os diversos modelos de

regressão, utilizando-se o que apresentou o melhor coeficiente de determinação.

Figura 3: Curva de retenção de água no solo na profundidade de 0-15 cm, UNIVASF, Petrolina-PE.



Para o Nível 1, as irrigações foram feitas, diariamente, com base na avaliação da tensão de água. O manejo de água do Nível 2, foi realizado quando o potencial matricial de água no solo foi de - 50 kPa equivalente a $0,0738 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, como sugerido por Bernardo et al. (1970). A lâmina de água aplicada foi de acordo com as leituras dos tensiômetros. As leituras de tensão foram obtidas pela inserção de tensímetro digital na tampa hermética dos tensiômetros, onde foi considerada o valor da tensão a média dos três tensiômetros; os dados foram lançados em gráfico, utilizando-se programa Excel, testando os diversos modelos de regressão, utilizando-se o que apresentou o melhor coeficiente de determinação. A lâmina de água aplicada por irrigação foi calculada com base na curva de retenção de umidade do solo.

Na condução do experimento, para o controle de plantas infestantes, realizou-se capinas manuais, não houve aplicação de herbicida. Foram realizados tratos culturais a fim de manter a área livre de insetos, com aplicação de inseticida a base de Piriproxifen, Imidacloprid, Abamectina,

Cloroirifós e Lambda cialotrina. A adubação de plantio e cobertura foi feita de acordo com a análise química do solo que apresentou pH (H₂O) = 6,5; K⁺ = 0,42 cmol_c dm⁻³; P = 101 mg dm⁻³; Ca = 3,1 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,4 cmol_c dm⁻³; Na = 0,12 cmol_c dm⁻³; Al = 0,0%; M.O. = 6,7 g/kg; T = 7,96 cmol_c dm⁻³ V% = 72%. Os processos de colheita, beneficiamento e avaliações de produção, foram realizados iguais ao da Safra 2016.

Na Safra 2017, a temperatura e umidade média, registradas durante a realização do experimento, foram de 25,7 °C de temperatura média, com mínima de 20,4 °C e máxima de 30,9 °C (Figura 1). Os valores médios referentes a umidade relativa do ar foram de 57,5% de umidade, com mínima de 34,6% e máxima de 80,4% segundo dados da estação meteorológica localizada na área experimental (Figura 2). No período compreendido entre a semeadura e a colheita, houve registros de precipitação de 2 mm. A aplicação da lâmina de irrigação, durante o ciclo, foi de, aproximadamente, 305 mm para o nível 1 e 236 mm para o nível 2.

3.6 Caracteres avaliados

Em ambas as Safras, para cada Nível, foram avaliados a duração do ciclo de cada linhagem, por meio do número de dias decorridos da semeadura ao florescimento de no mínimo 50% das plantas da parcela (DPF) e do número de dias da semeadura até a maturidade de no mínimo 50% das plantas da parcela (DPM). No estágio de maturação fisiológica - mudança de cor das vagens (R9) avaliou-se o porte das plantas segundo Collicchio et al. (1997). As notas foram atribuídas por três avaliadores e estimou-se a média aritmética para compor o valor da parcela.

Por ocasião da colheita, vagens de cinco plantas foram avaliadas com relação ao número de vagens por planta (NVP); número de grãos por vagem (NGV); massa de 100 grãos (M100), em gramas (g), para cada parcela. As duas linhas centrais de cada parcela representaram a produção de grãos por parcela (PROD), em quilos por hectare (kg ha⁻¹). E estimou-se o índice de estresse hídrico, para cada safra, calculado para os experimentos sem

estresse (Nível 1) e com estresse (Nível 2): $IEH = 1 - (X_e/X_n)$, em que X_e é a média geral do experimento com estresse hídrico; X_n é a média geral do experimento com irrigação adequada.

De posse dos dados da análise conjunta das safras 2016 e 2017, foram estimados os seguintes índices:

- Índice de enchimento de grãos (IEG) - foi estimado para cada genótipo: (massa de 100 grãos irrigado/massa de 100 grãos sob estresse) x 100.
- Índice de suscetibilidade ao estresse, calculado para cada genótipo: $ISE = [1 - (P_e/P_n)] / IEH$, em que: P_e - produtividade do genótipo no ambiente com estresse (Nível 2); P_n - produtividade do genótipo no ambiente sem estresse (Nível 1); IEH - índice de estresse hídrico definido anteriormente.

3.7 Análises estatísticas

Os dados das variáveis Dias para Florescimento (DPF), Dias para Maturação (DPM), Porte, Número de Grãos por Vagens (NGV), Número de Vagens por Planta (NVP), Massa de 100 grãos em gramas e Produtividade de grãos em $kg\ ha^{-1}$, foram submetidos aos testes de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias e obedecendo as pressuposições foram realizadas as ANAVA individuais e conjuntas, utilizando o Software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). A precisão experimental foi avaliada por meio da estimativa de acurácia seletiva (RESENDE e DUARTE, 2007).

4 RESULTADOS

No resumo da análise de variância, Tabela 2, para os sete caracteres avaliados, observa-se que a estimativa da acurácia variou de 73,85% (Produtividade de grãos) a 99,39% (massa de 100 grãos), evidenciando uma boa precisão experimental (RESENDE e DUARTE, 2007).

TABELA 2: Resumo da análise de variância referente a safra de 2016 para os caracteres: produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação (DPM), porte da planta (PORTE), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP) e massa de 100 grãos em gramas (M100) para os 36 genótipos nos dois níveis analisados.

Quadrado Médio - Safra 2016								
FV	GL	PROD	DPF	DPM	PORTE	NGV	NVP	M100
BLOCO	4	2145526,94 ^{ns}	1,71 ^{ns}	93,25 ^{ns}	10,59 ^{ns}	0,30 ^{ns}	366,70*	69,86 ^{ns}
NÍVEIS (N)	1	163291431,58*	34,22 ^{ns}	0,02 ^{ns}	8,32 ^{ns}	65,10*	1145,99*	2123,94*
ERRO A	4	1289321,61	14,20	25,75	2,04	0,46	32,99	39,30
GENÓTIPOS (G)	35	329512,61*	62,97*	154,00*	8,97*	5,41*	90,08*	1202,81*
G/Nível1	35	449951,38*	50,37*	96,32*	4,85*	3,30*	42,70*	851,42*
G/Nível2	35	101750,56 ^{ns}	23,80*	88,20*	4,98*	2,83*	71,61*	413,68*
N X G	35	2221189,33*	11,20 ^{ns}	30,52 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,72*	24,23 ^{ns}	62,29*
ERRO B	280	149774,36	9,27	26,81	0,82	0,33	25,77	14,48
CV1 (%)		94,63	10,82	7,58	40,99	15,4	40,70	17,92
CV2 (%)		32,25	8,74	7,73	26,07	13,18	35,97	10,88
ACURÁCIA		73,85	92,34	90,87	95,26	96,82	84,49	99,39
MÉDIA GERAL		1199,91	34,85	66,95	3,49	4,41	14,11	34,98

^{ns}, não significativo; * significativo a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste *F*

O efeito de níveis (o qual representa o efeito de parcela) foi significativo ($p \leq 0,05$) para as variáveis produtividade de grãos (PROD), números de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e massa de 100 grãos em gramas (M100). Já o efeito de genótipos foi significativo ($p \leq 0,05$) para todos os caracteres avaliados, o que indica a existência de alta variabilidade genética entre as linhagens avaliadas. Entretanto, não houve diferença para produtividade no nível 2 podendo ser verificado através G/nível 2.

Quanto a interação níveis x genótipos, para os caracteres dias para o florescimento (DPF), dias para maturação (DPM), porte (PRT) e números de vagens por planta (NVP) não houve efeito significativo, o que mostra que o

comportamento das linhagens foi coincidente nos diferentes níveis. Para os caracteres PROD, M100 e NGV a interação foi significativa e nesse caso, o comportamento das linhagens não é coincidente nos diferentes níveis, ou seja, não variaram na mesma proporção.

O resumo da análise de variância referente a safra de 2017, encontra-se na Tabela 3, para os sete caracteres avaliados, a estimativa da acurácia variou de 93,11% (NVP) a 99,36% (M100), evidenciando uma boa precisão experimental (RESENDE e DUARTE, 2007).

Tabela 3: Resumo da análise de variância referente a safra de 2017 para os caracteres: produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação (DPM), porte da planta (PORTE), número de grãos por vagem (NGP), número de vagem por planta (NVP) e massa de 100 grãos em gramas (M100) para os 36 genótipos nos dois níveis analisados

Quadrado Médio - Safra 2017								
FV	GL	PROD	DPF	DPM	PORTE	NGV	NVP	M100
BLOCO	4	124466,01 ^{ns}	11,22*	18,69 ^{ns}	4,55 ^{ns}	2,95 ^{ns}	29,60 ^{ns}	30,71 ^{ns}
NÍVEIS (N)	1	42973290,00*	2,50*	38,02 ^{ns}	113,3*	93,73*	1483,11*	409,00*
ERRO A	4	106464,62	0,21	8,18	2,66	1,81	48,55	12,96
GENÓTIPOS (G)	35	653288,72*	60,74*	155,28*	31,38*	4,20*	30,70*	707,88*
G/Nível1	35	679831,25*	30,24*	78,18*	20,86*	2,84*	23,55*	405,33*
G/Nível2	35	144631,70*	31,31*	81,01*	12,59*	1,89*	12,48*	320,63*
N x G	35	171174,22*	0,81 ^{ns}	3,91*	2,07 ^{ns}	0,53*	5,33 ^{ns}	18,08*
ERRO B	280	28271,58	0,77	2,30	1,80	0,34	4,08	8,93
CV1 (%)		42,95	1,39	4,42	41,91	31,82	74,00	13,44
CV2 (%)		22,13	2,63	2,35	34,48	13,98	21,46	11,16
ACURÁCIA		97,81	99,35	99,25	97,08	95,74	93,11	99,36
MÉDIA GERAL		759,75	33,47	64,66	3,89	4,23	9,41	26,78

^{ns}, não significativo; * significativo a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), pelo teste de F

O efeito de níveis foi significativo para as variáveis PROD, DPF, PORTE, NGV, NVP e M100 e não significativo para DPM. O efeito de genótipos foi significativo para todos os caracteres avaliados, inclusive o efeito de G/níveis. A interação níveis x genótipos, para os caracteres DPF, DPM, PRT e NVP não mostrou efeito significativo, o que mostra que o comportamento das linhagens foi coincidente nos diferentes ambientes. Para os caracteres PROD, DPM,

M100 e NGV a interação foi significativa, o comportamento dos genótipos não coincidem nos diferentes níveis.

A produtividade da safra 2016 (Figura 4) foi reduzida para todos os genótipos avaliados no nível 2, não houve diferença entre os genótipos. No nível 1, os mais produtivos foram BGF4, BGF12, BRS esplendor, BRS Notável, BRSMG Madrepérola, BRS Cometa, Alegria, BRS Executivo, Pérola, BRS Campeiro, BRSMG Realce, BGF8, BGF3, BGF9 e a testemunha BRS Pontal, as demais testemunhas, apesar de serem recomendadas para a região, não foram as mais produtivas quando comparadas com as citadas anteriormente. Através do Índice de estresse hídrico (IEH), foi possível comprovar que houve redução de 72,06% na produtividade da safra de 2016 de acordo com a média geral de todos os genótipos avaliados (Tabela 4).

Na safra 2017, observa-se que o genótipo BGF2 obteve melhor desempenho nos dois níveis analisados (Figura 5). Além deste, os genótipos BGF13, BGF7 e BGF12 obtiveram médias de produção superiores aos demais nos dois níveis. As testemunhas BRS Pontal e BRS Radiante obtiveram melhor produção em relação a BRS Vereda, porém não foram indicadas como os genótipos mais produtivos do ano de 2017. Houve redução de 62,51% na produtividade da safra de 2017 em relação a média geral de todos os genótipos estudados desta safra (Tabela 4).

Tabela 4: Média geral da produtividade de grãos (kg ha^{-1}) das safras 2016 e 2017, para os níveis 1 e 2, com seus respectivos valores de Índice de colheita (IEH) para cada safra.

SAFRA	PRODUTIVIDADE DE GRÃOS (kg ha^{-1})		IEH (%)
	NÍVEL 1	NÍVEL 2	
2016	1872	523	72,06
2017	1105	414,3	62,51

Figura 4: Média geral de Produtividade de Grãos (PROD), relativo a safra de 2016 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

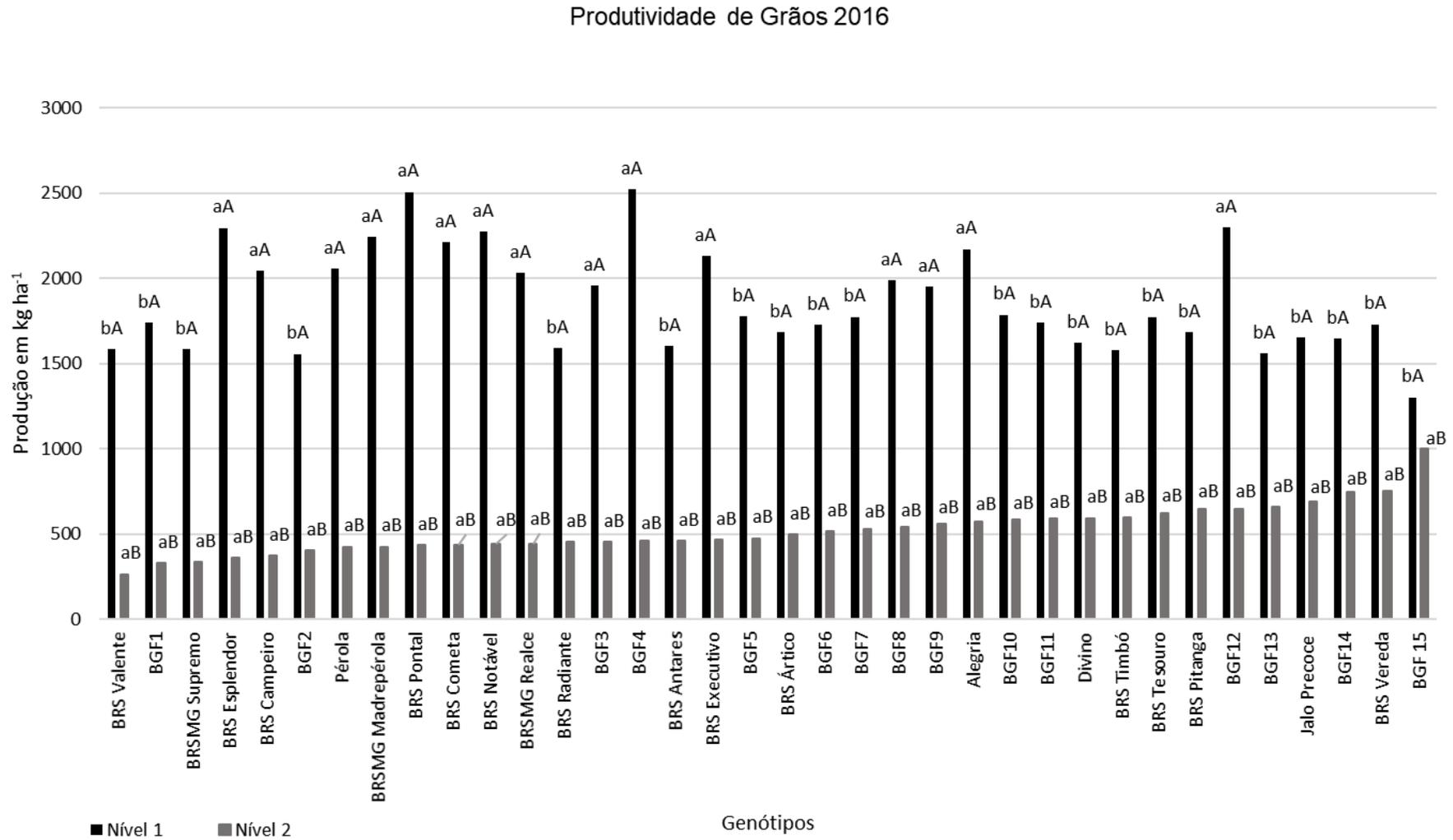
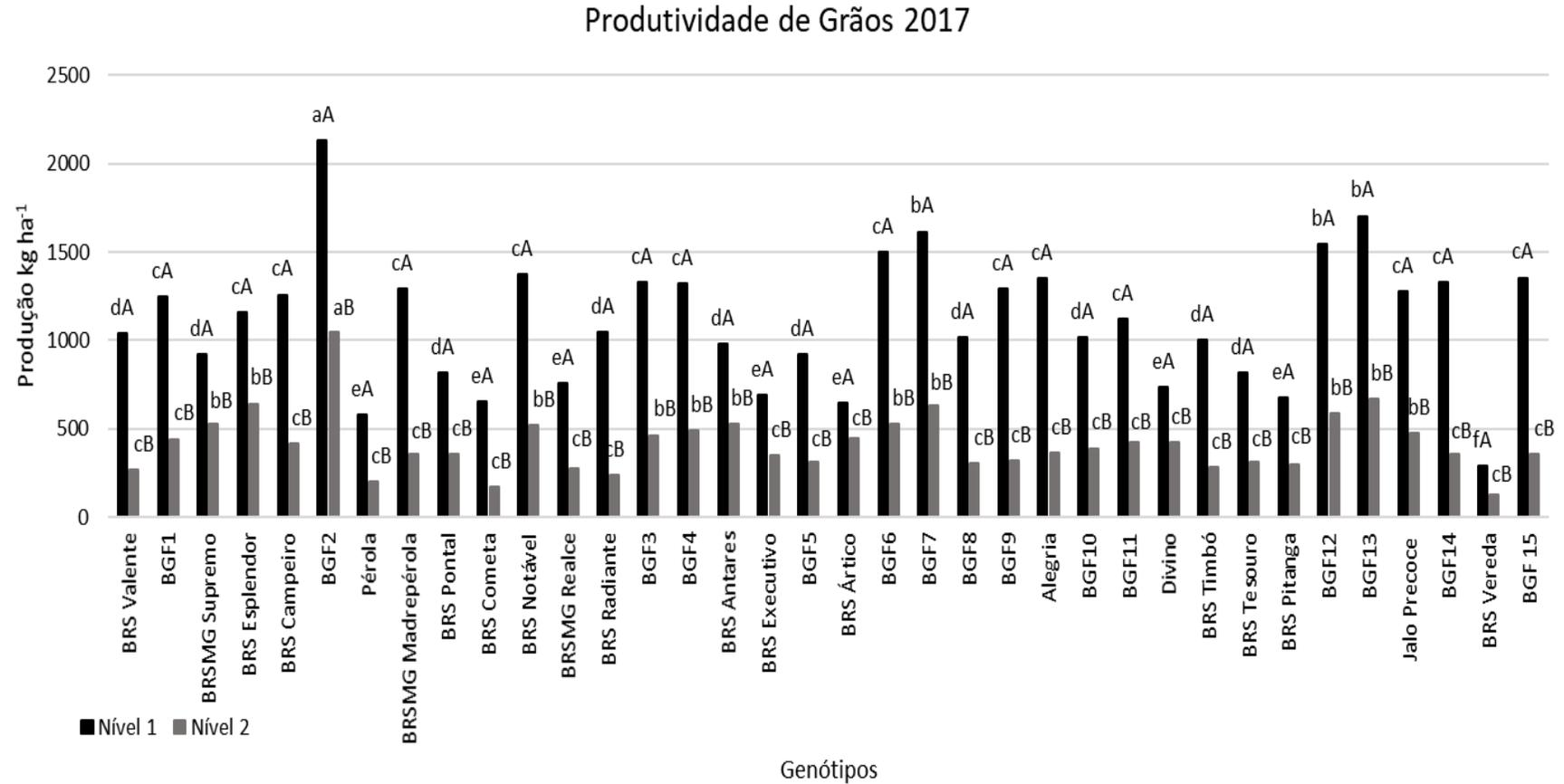


Figura 5: Média geral de Produtividade de Grãos (PROD), relativo a safra de 2017 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.



Para o caráter DPF, Safra 2016 (Figura 6), verifica-se que os genótipos BRS Valente, Pérola, BRSMG Supremo, BRS Cometa, BRS Esplendor, BRS Pitanga e as testemunhas BRS Vereda e BRS Pontal foram os genótipos com ciclo mais longo quando comparado aos demais nos dois níveis analisados. Os genótipos de ciclo mais curto foram o BRS Ártico, BGF10, BRS Realce e BGF1 e a testemunha BRS Radiante. Na safra 2017 (Figura 7), os genótipos BRS Radiante, BRS Ártico e BGF10 foram de ciclo curto conforme agrupamento de Scott-Knott. Seguindo dos genótipos BGF2, BRSMG Realce e Jalo precoce. O genótipo com ciclo mais longo foi a testemunha BRS Vereda.

Em relação ao DPM, Safra 2016, observou-se que os genótipos Pérola, BGF5, BRS Valente e BRS Pontal foram os mais tardios nos dois níveis estudados. Com maior precocidade em relação aos demais tem-se o BRS Ártico, Jalo Precoce, BGF6 e o BGF13 (Figura 8). Conforme os resultados do ano de 2017, para DPM (Figura 9), verifica-se que para os dois níveis estudados o genótipo mais precoce foi o Jalo precoce. E os mais tardios o Pérola e a testemunha BRS Vereda.

O porte (safra 2016), para os dois níveis verificou-se mais ereto nos genótipos Divino, BRS Ártico, BRS Antares, BRS Supremo, BGF1, BRS Esplendor, BRS Valente e BGF10. E mais prostrado no BGF5 e BRS Pontal. Em relação as testemunhas, a BRS Radiante é a que possui um porte mais ereto quando comparado as testemunhas BRS Pontal e BRS Vereda que possuem um porte mais prostrado (Figura 10).

Por meio das médias ajustadas do porte referente ao ano de 2017 (Figura 11), verificou-se que os genótipos BGF1, BRSMG Supremo, BRSMG Realce, BRS Antares, BRS Ártico, BGF10 e Divino foram os que obtiveram porte mais ereto e de porte mais prostrado os genótipos Pérola, BRSMG Madrepérola, BRS Pontal, BGF5, BGF6, BRS Tesouro e BRS Vereda de acordo com a classificação de Collicchio et al. (1997) que se baseia no hábito de crescimento, grau de ramificação, presença ou ausência de guia.

Figura 6: Média geral do número de dias para o Florescimento (DPF) para a safra de 2016, Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo) que constituem grupo homogêneo segundo agrupamento de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

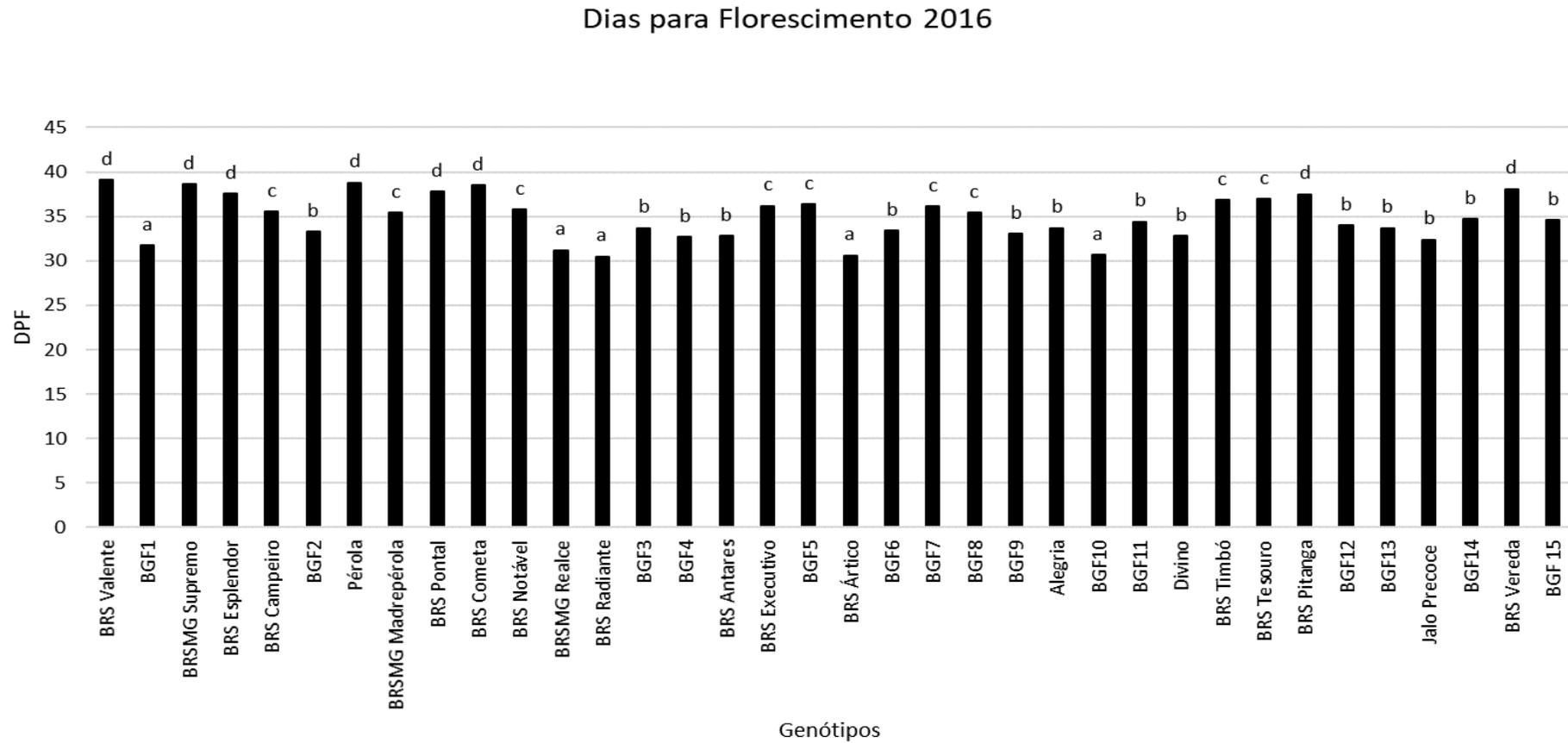


Figura 7: Média geral do número de dias para o Florescimento (DPF) para a safra de 2017, Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo) que constituem grupo homogêneo segundo agrupamento de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

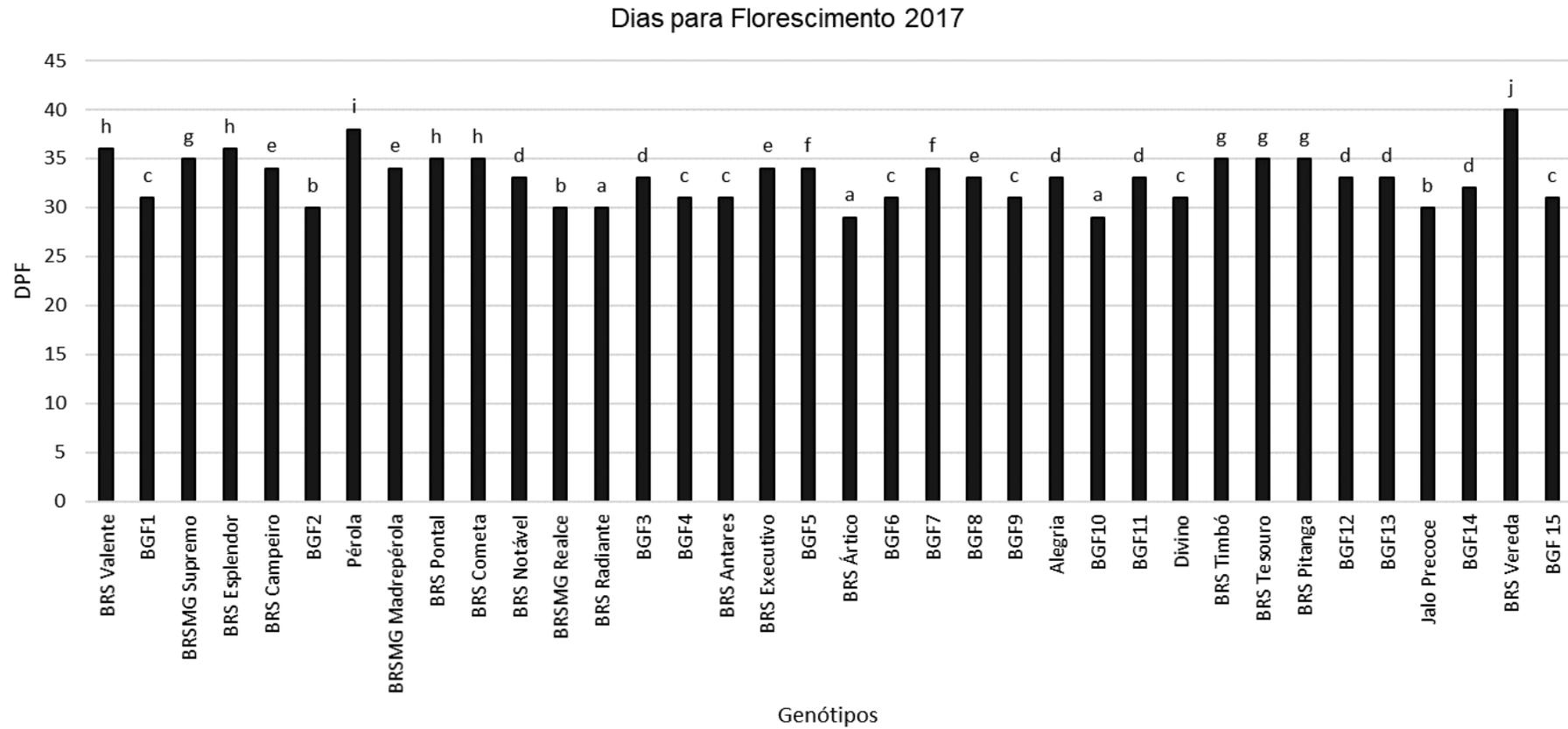


Figura 8: Média geral de dias para maturação (DPM), referente à safra de 2016, para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo) que constituem grupo homogêneo segundo agrupamento de Scott-knott, a 5% de probabilidade para safra de 2016.

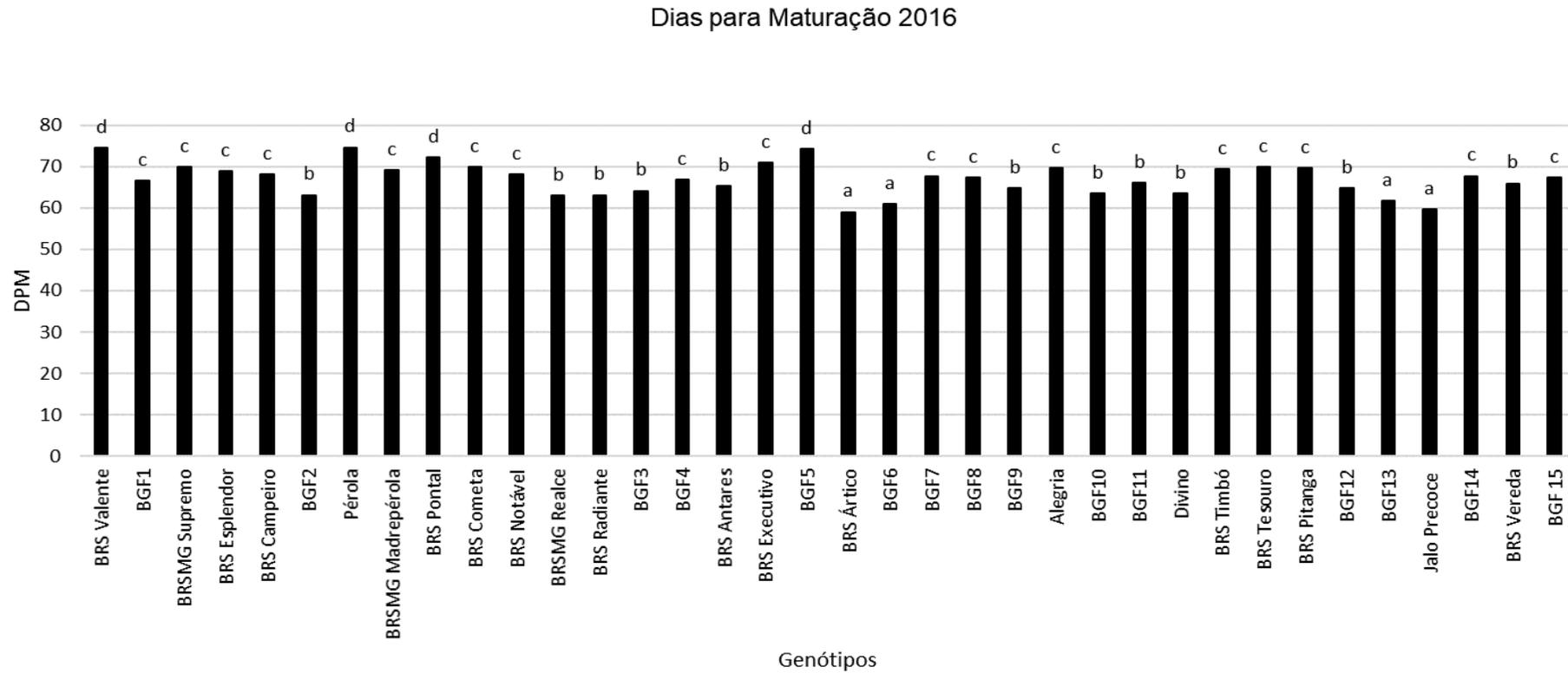


Figura 9: Média geral de dias para maturação (DPM), referente à safra de 2017, para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade para a safra 2017.

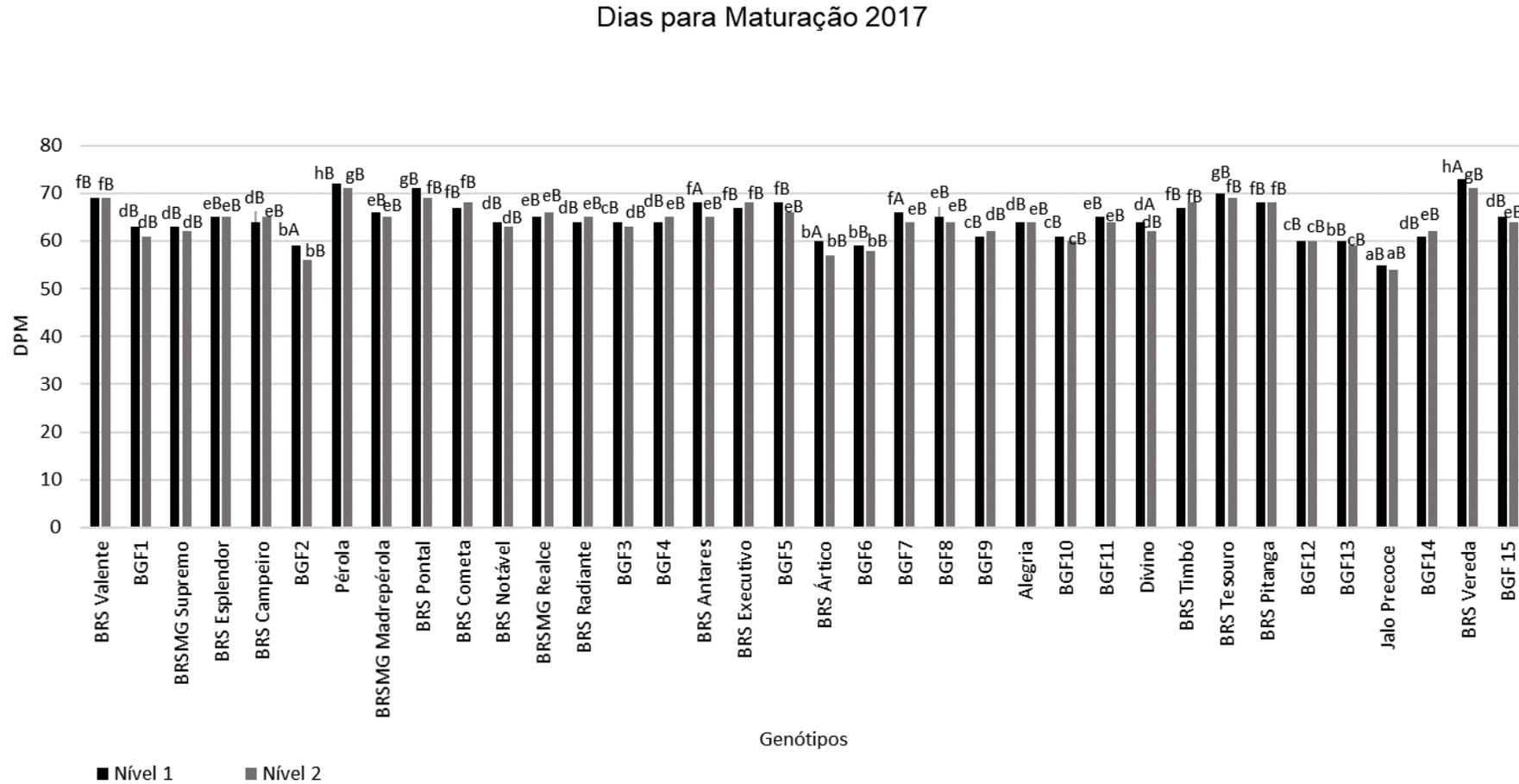


Figura 10: Média geral de Porte, relativo a safra de 2016 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo) que constituem grupo homogêneo segundo agrupamento de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

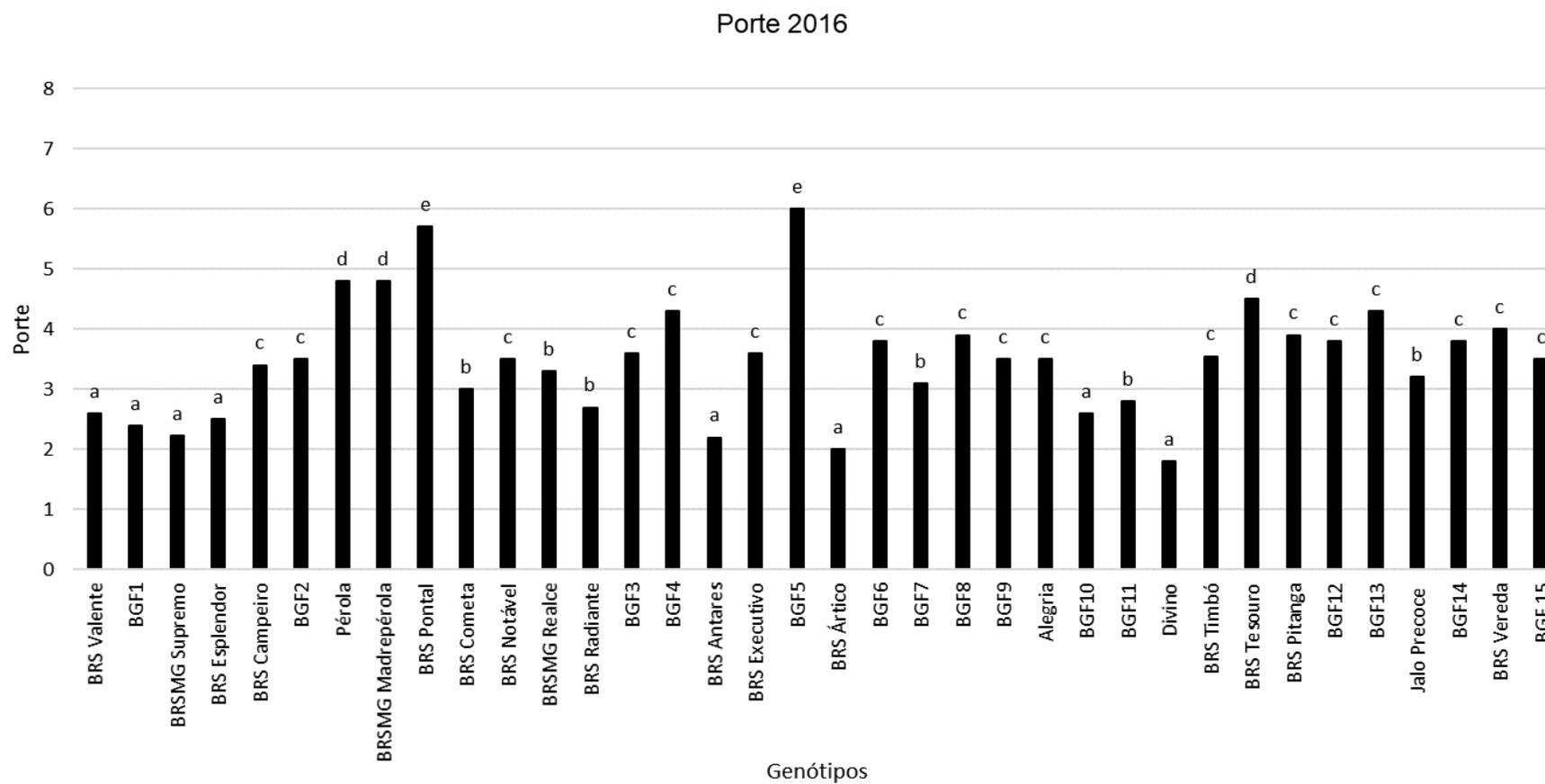
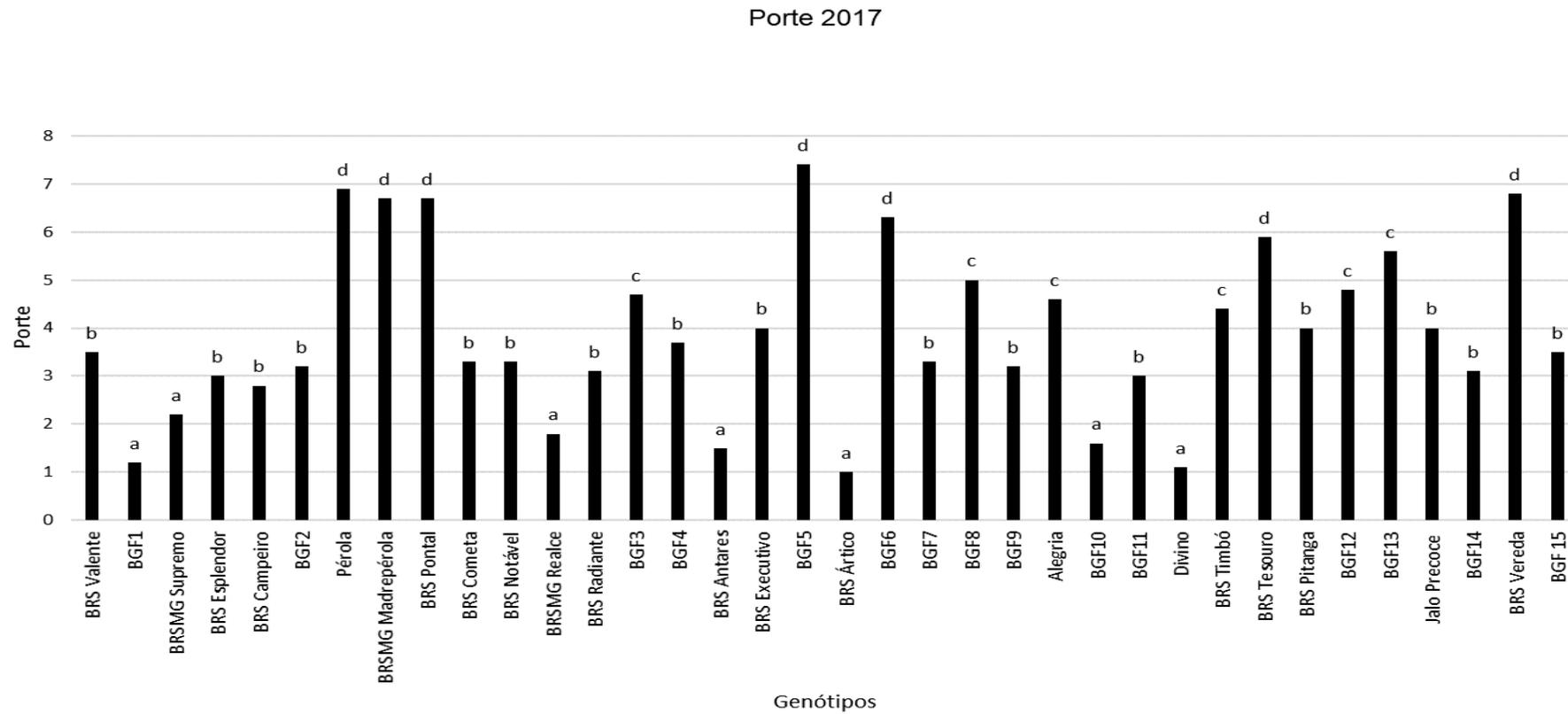


Figura 11: Média geral de Porte, relativo a safra de 2017 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo) que constituem grupo homogêneo segundo agrupamento de Scott-knott, a 5% de probabilidade.



Em relação ao NGV 2016 (Figura 12), os genótipos que não apresentaram diferenças entre níveis foram BRS Valente, BGF1, BGF2, BRS Pontal, BRSMG Realce, BRS Radiante, BGF3, BRS Antares, BGF8, BGF9, BGF11, Divino, BRS Timbó, BRS Tesouro, BRS Pitanga, BGF12, BGF13, BGF14 e BGF15. Os demais genótipos tiveram redução no NGV devido ao estresse hídrico. Das testemunhas analisadas, apenas a BRS Vereda teve seu NGV reduzido pelo estresse.

Na safra 2017 (Figura 13), os genótipos BRS Pontal, BGF3, BGF4, BRS Antares, BRS Executivo, BRS Ártico, BGF11, Divino, BGF12 e Jalo precoce não diferiram entre o nível 1 e nível 2. Os demais genótipos diferiram quanto ao NGV em relação ao nível 2.

O NVP (safra 2016) foi afetado pelo estresse hídrico e no nível 2 ocasionou a redução quanto ao NGV nos diferentes genótipos avaliados bem como a diminuição do tamanho dos grãos, o que influenciou na M100 e PROD dos genótipos. Os genótipos que tiveram maior NVP foram BRS Valente, BRSMG Supremo, BRS Esplendor, BRS Campeiro, Pérola, BRSMG Madrepérola, BRS Notável, BRSMG Realce, BGF5, BGF7, BRS Timbó, BRS Tesouro, BRS Pitanga, BGF15, BRS Radiante e BRS Pontal, não diferindo estatisticamente (Figura 14).

O NVP, na safra 2017, os genótipos com maior NVP foram BRS Notável, BGF6 e BGF13. E o genótipo com menor NVP foram BRS Vereda, seguido Pérola, BRS Antares, BRS Executivo e BGF10 (Figura 15).

Figura 12: Média do Número de Grãos por Vagem (NGV), relativo a safra de 2016 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

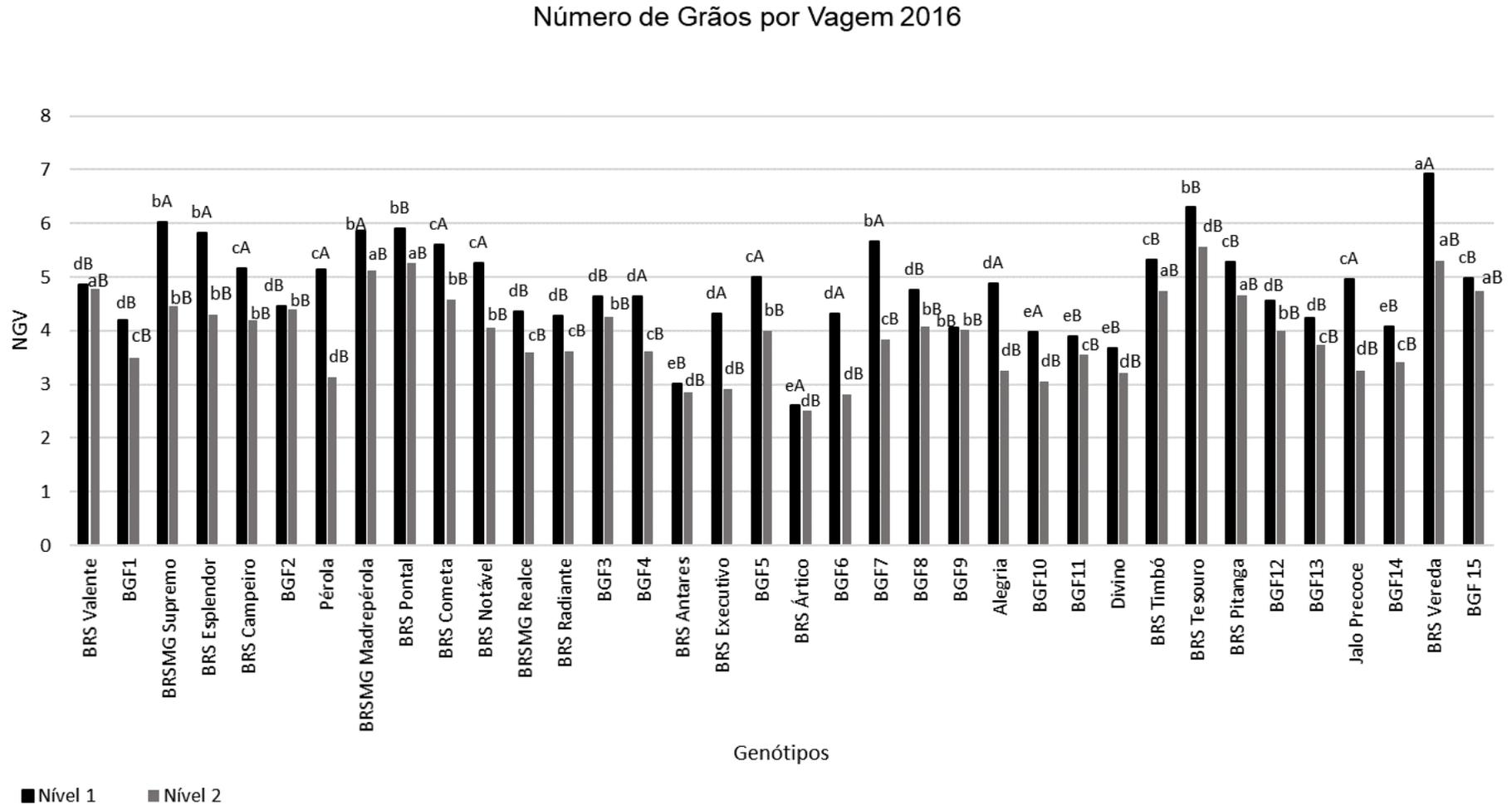


Figura 13: Média do Número de Grãos por Vagem (NGV), relativo a safra de 2017 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

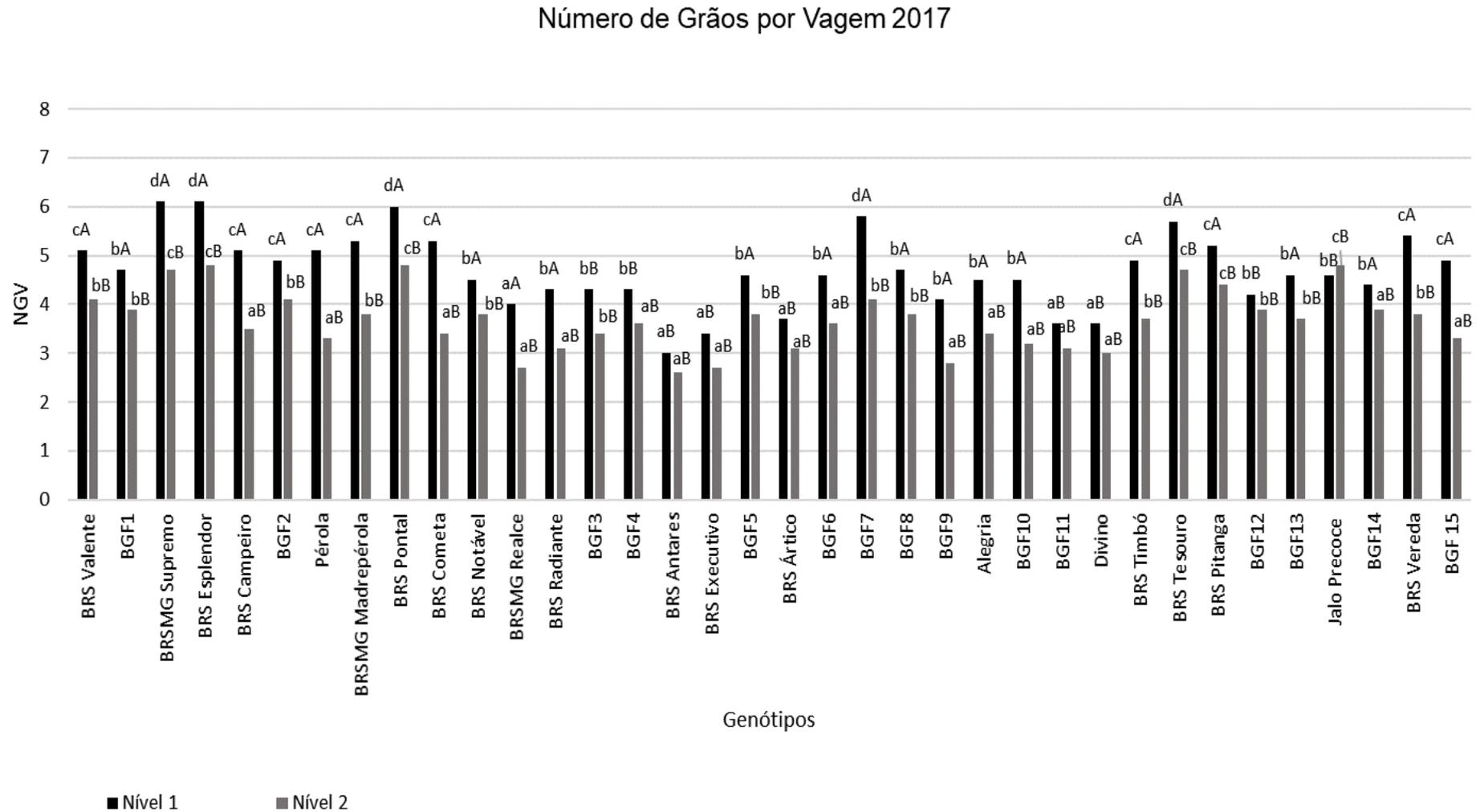


Figura 14: Média geral do Número de Vagens por Planta (NVP) relativo a safra de 2016 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo), que constituem grupo homogêneo conforme agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade

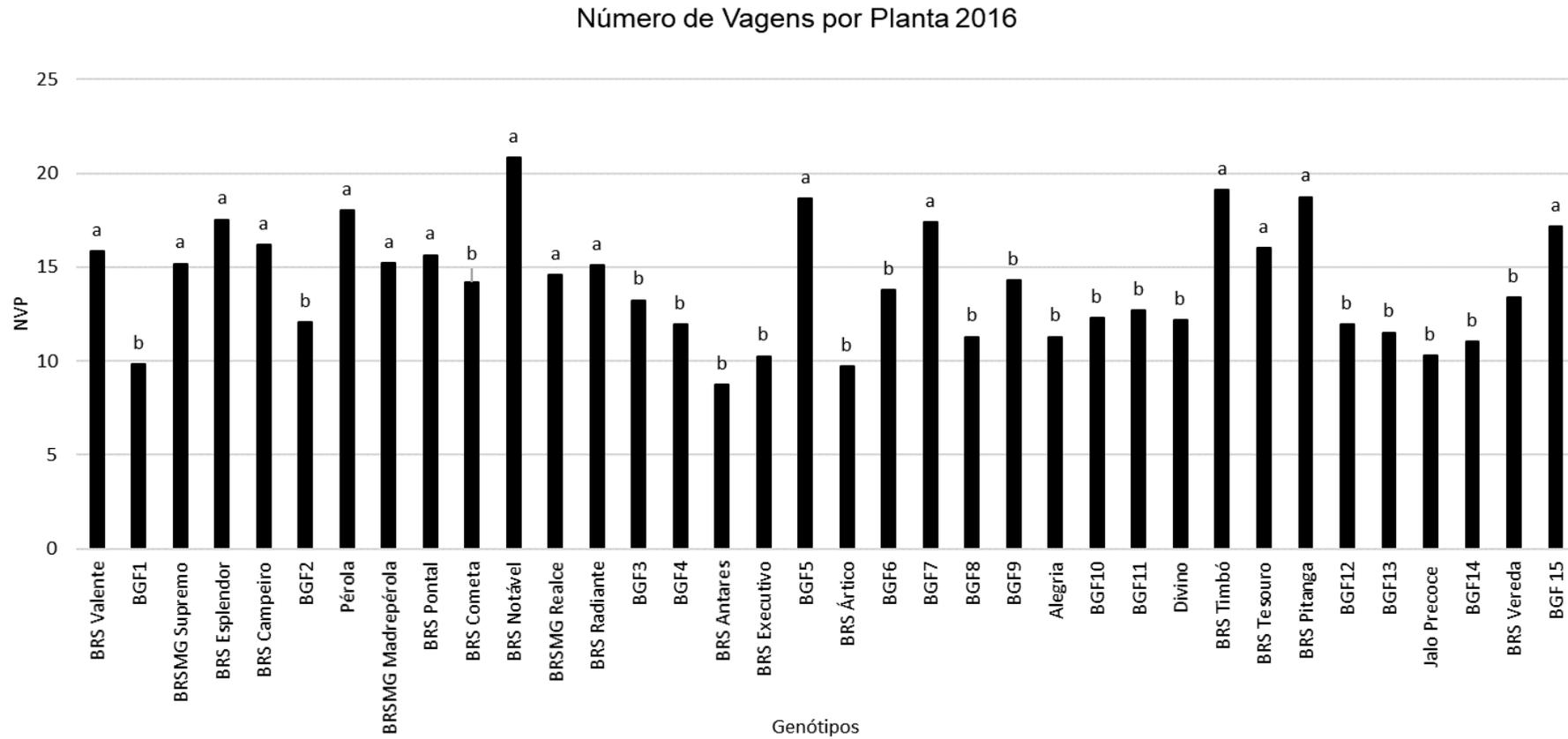
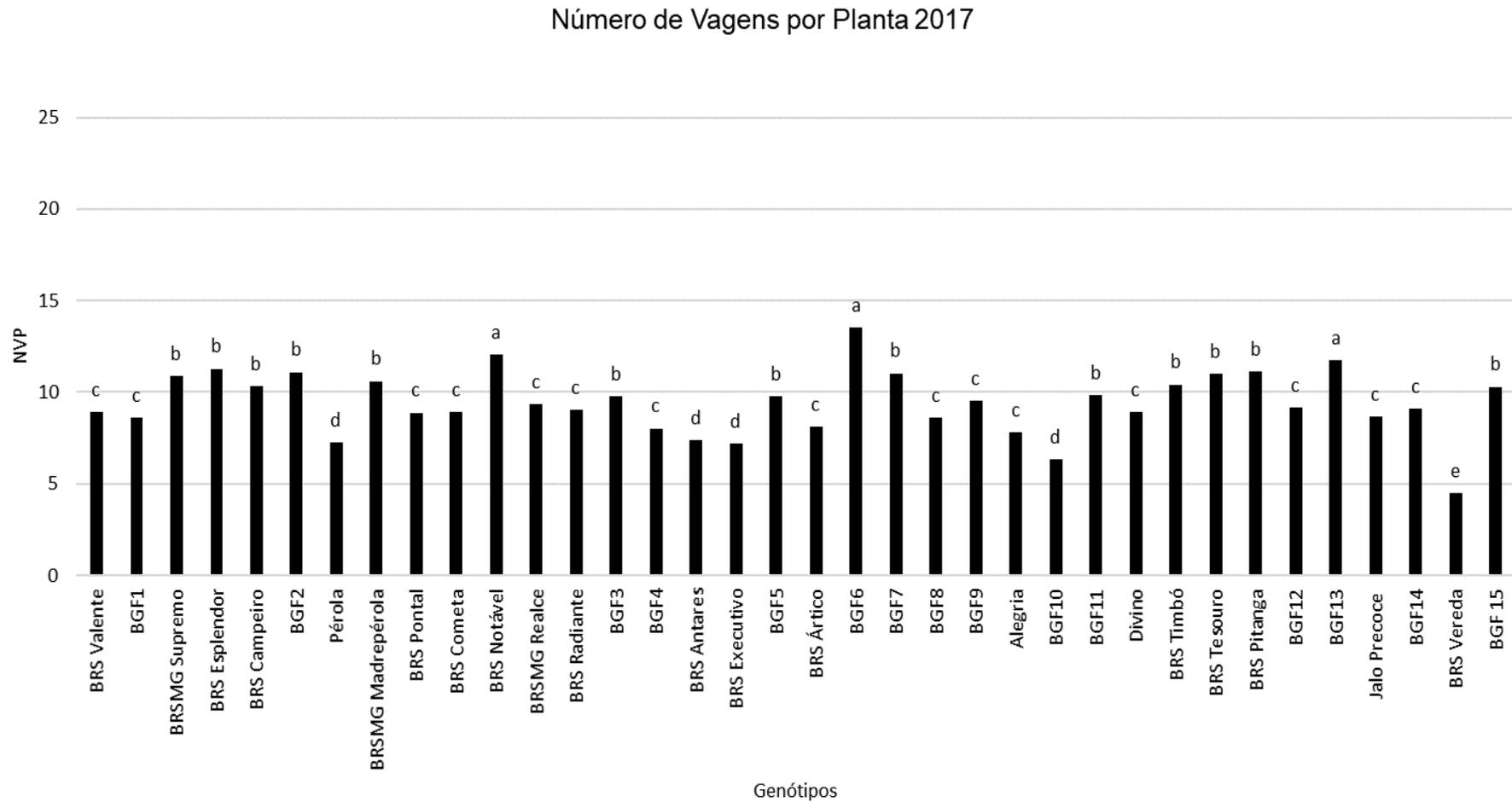


Figura 15: Média geral do Número de Vagens por Planta (NVP) relativo a safra de 2017 para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo), que constituem grupo homogêneo conforme agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade



Na M100, safra 2016, (Figura 16) os genótipos BRS Valente, BRSMG Supremo, BRS Esplendor, BRS Campeiro, Pérola, BRSMG Madrepérola, BRS Pontal, BRS Cometa, BRS Notável, BGF5, BGF6, BGF7, BGF9, Alegria, BRS Timbó, BRS Tesouro, BRS Pitanga, BGF13, BRS Vereda e BGF 15 não diferiram entre os níveis estudados. Os demais genótipos obtiveram uma redução significativa na M100 do nível 2 em comparação ao nível 1.

Os genótipos que reduziram significativamente a M100 do nível 1 para o nível 2 em 2017, foram o BGF1, BRS Radiante, BGF3, BGF4, BGF8, Alegria, BGF11, Divino, Jalo precoce e BGF14 (Figura 17).

Figura 16: Média da Massa de 100 Grãos em gramas (M100) relativo a safra de 2016, para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Média seguida de mesma letra, minúscula entre genótipo e maiúscula entre nível pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

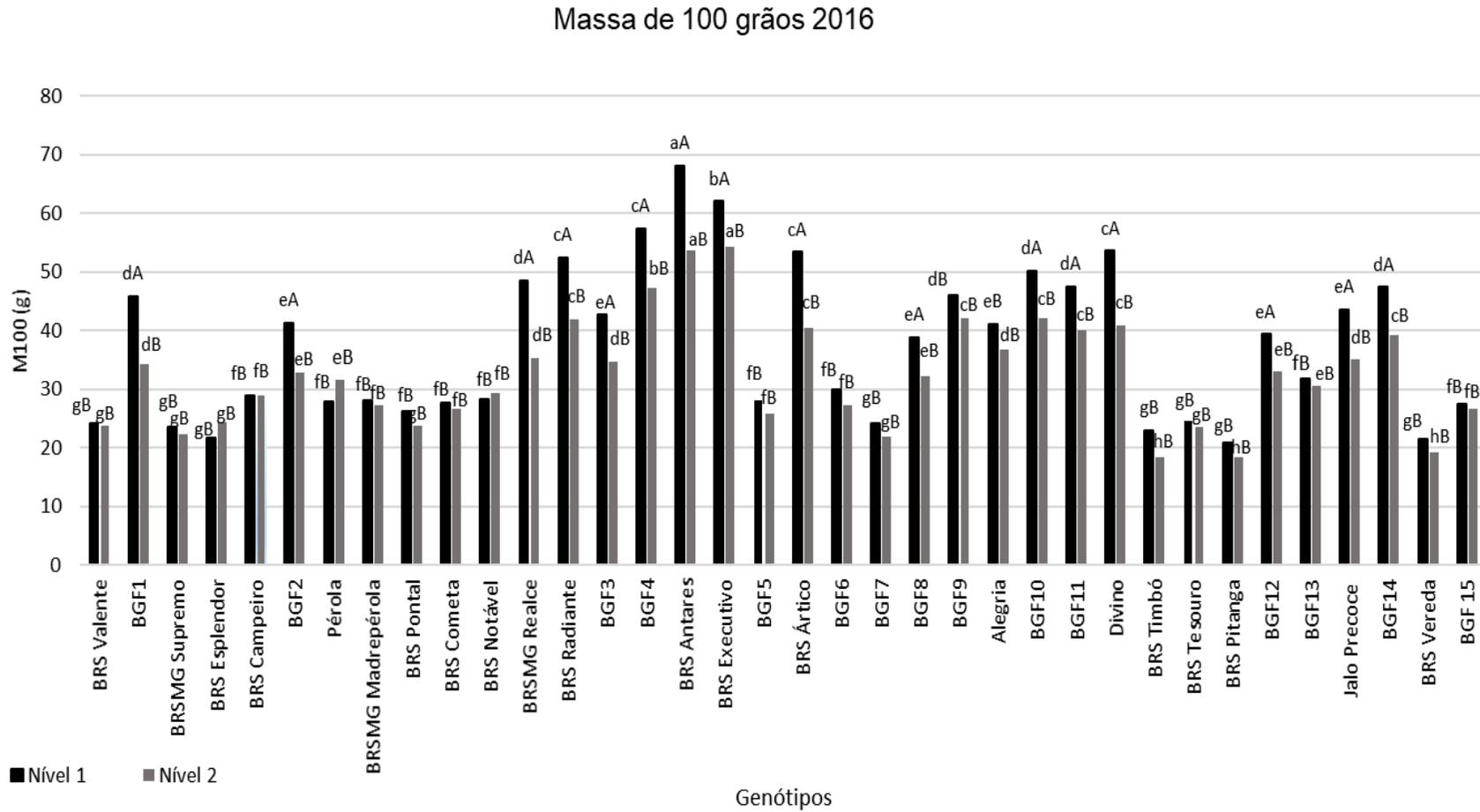
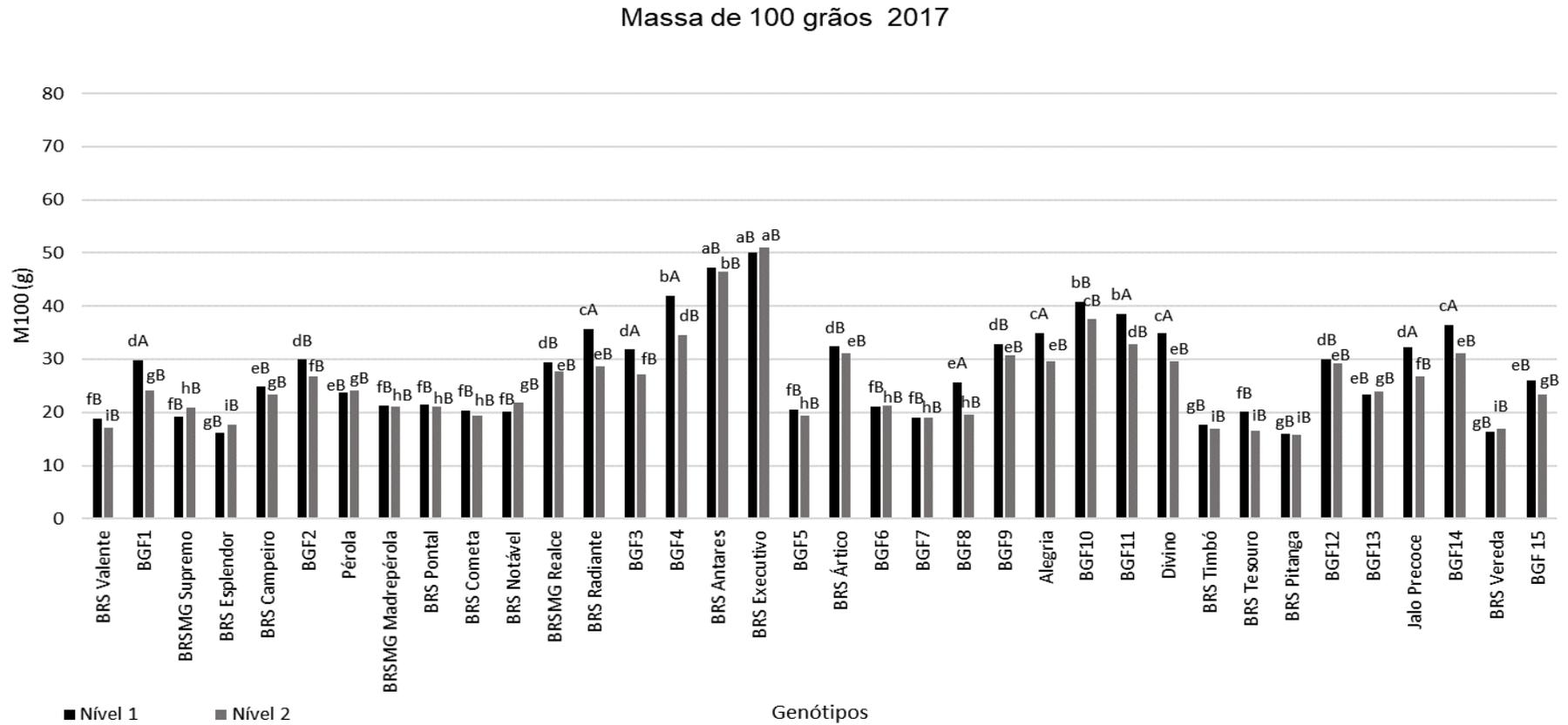


Figura 17: Média da Massa de 100 Grãos em gramas (M100) relativo a safra de 2017, para o Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Média seguida de mesma letra, minúscula entre genótipo e maiúscula entre nível pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.



No resumo da análise de variância conjunta (Tabela 5), fica evidenciado, por meio dos valores de acurácia, que as duas safras referente aos níveis 1 e níveis 2 possuíram uma boa precisão experimental.

O efeito de níveis foi significativo ($p \leq 0,05$) para PROD, Porte, NGV, NVP e M100, porém não significativo para os caracteres DPF e DPM. O efeito de safras não foi significativo para os caracteres PROD, DPM, Porte e NGV e significativo para DPF, NVP e M100. Para a interação entre Níveis x Safras houve efeito significativo para PROD e M100, e não significativo para DPF, DPM, Porte, NGV e NVP.

O efeito de genótipos foi significativo para todos os caracteres analisados. A interação entre Genótipos x Níveis obteve efeito significativo para PROD, NGV e M100 e não significativo para DPF, DPM, NVP e Porte. Para Genótipos/Níveis1, houve efeito significativo para todos os caracteres analisados. Para Genótipos/Níveis2 o efeito foi não significativo apenas para o caractere PROD.

Para o efeito da interação Genótipos x Safras foi não significativo para o caractere DPF mostrando que o comportamento das linhagens em relação a esse caractere foi coincidente nas duas safras. Em relação aos caracteres PROD, NGV, DPM, Porte, NVP e M100, a interação foi significativa, indicando que o comportamento dos genótipos não foi coincidente. Para Genótipos x Safra1 e Genótipos x Safra2 houve efeito significativos para todos os caracteres avaliados.

O efeito da interação Genótipos x Níveis x Safras foi significativa para PROD, NGV, e M100 mostrando que o comportamento dos genótipos, para estes caracteres, não foi coincidente. Porém foi não significativo para DPF, DPM, Porte e NVP, o efeito para estes caracteres foi coincidentes entre as safras e os níveis.

Tabela 5: Resumo da análise de variância da conjunta referente aos Níveis 1 e Níveis 2 das Safras 2016 e 2017, para os caracteres: produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação (DPM), porte da planta (PORTE), número de grãos por vagem (NGV), número de vagem por planta (NVP) e massa de 100 grãos em gramas (M100) para os 36 genótipos nos dois níveis analisados.

FV	GL	PROD	DPF	DPM	PORTE	NGV	NVP	M100
Níveis (N)	1	1874576,86*	7,20 ^{ns}	15,31 ^{ns}	99,01*	162,80*	2695,30*	2306,98*
Safras (S)	1	34485507,60 ^{ns}	350,00*	963,73 ^{ns}	33,36 ^{ns}	4,79 ^{ns}	3889,16*	11823,65*
N x S	1	19543304,00*	24,20 ^{ns}	23,11 ^{ns}	26,06 ^{ns}	0,87 ^{ns}	6,48 ^{ns}	377,53*
Genótipos (G)	35	494094,94*	121,29*	276,64*	34,78*	8,91*	87,51*	1852,66*
G x N	35	160668,22*	4,86 ^{ns}	17,24 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,76*	12,56 ^{ns}	56,68*
G/N1	35	531176,20*	77,25*	160,15*	21,28*	5,89*	44,01*	1188,47*
G/N2	35	123586,96 ^{ns}	48,89*	133,73*	15,48*	3,79*	56,05*	720,88*
G x S	35	496235,97*	4,32 ^{ns}	32,32*	5,74*	1,02*	37,01*	73,32*
G/S1	35	337042,19*	64,87*	153,68*	9,14*	5,74*	93,82*	1218,10*
G/S2	35	653288,72*	60,74*	155,28*	31,38*	4,20*	30,70*	707,88*
G x N x S	35	226040,27*	4,70 ^{ns}	13,14 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,49*	16,42 ^{ns}	19,64*
Erro	280	85773,09	3,98	12,14	1,34	0,31	14,74	11,58
CV(%)		29,93	5,84	5,29	31,55	12,99	32,71	11,04
Acurácia		89,27	98,5	97,66	98,31	98,13	91,89	99,65
Média Geral		978,6	34,17	65,82	3,67	4,31	11,74	30,83

^{ns}, não significativo; * significativo a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste *F*

Na média geral da análise conjunta, no nível 1, observou-se que os genótipos mais produtivos foram o BGF12, BGF4, BGF2, BRS Notável, BRSMG Madrepérola, Alegria, BRS Esplendor, BGF7, BRS Pontal, BRS Campeiro, BGF3, BGF13, BGF9 e BGF6. No nível 2, não houve diferença estatística, referente à produção, entre os genótipos estudados quando submetidos ao baixo teor de água no solo (Figura 18).

Para o caractere DPF (Figura 19), verificou-se que não houve diferença estatística entre os níveis avaliados. Os genótipos com ciclo mais curto foram BRSMG Realce, BRS Radiante, BRS Ártico e BGF10, seguido de BGF1, BGF2, BGF4 e Jalo precoce. E os com ciclo mais longo foram o Pérola, BRS Vereda.

Para DPM (Figura 20), não houve diferença estatística entre os níveis 1 e níveis 2. Os genótipos mais precoces foram o Jalo Precoce e o BRS Ártico, seguidos dos genótipos BGF2, BGF6 e BGF13. Os genótipos mais tardios foram Pérola, BRS Valente, BRS Pontal e BGF5.

Figura 18: Média da análise conjunta, de Produtividade de grãos, em kg ha^{-1} , do Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e do Nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

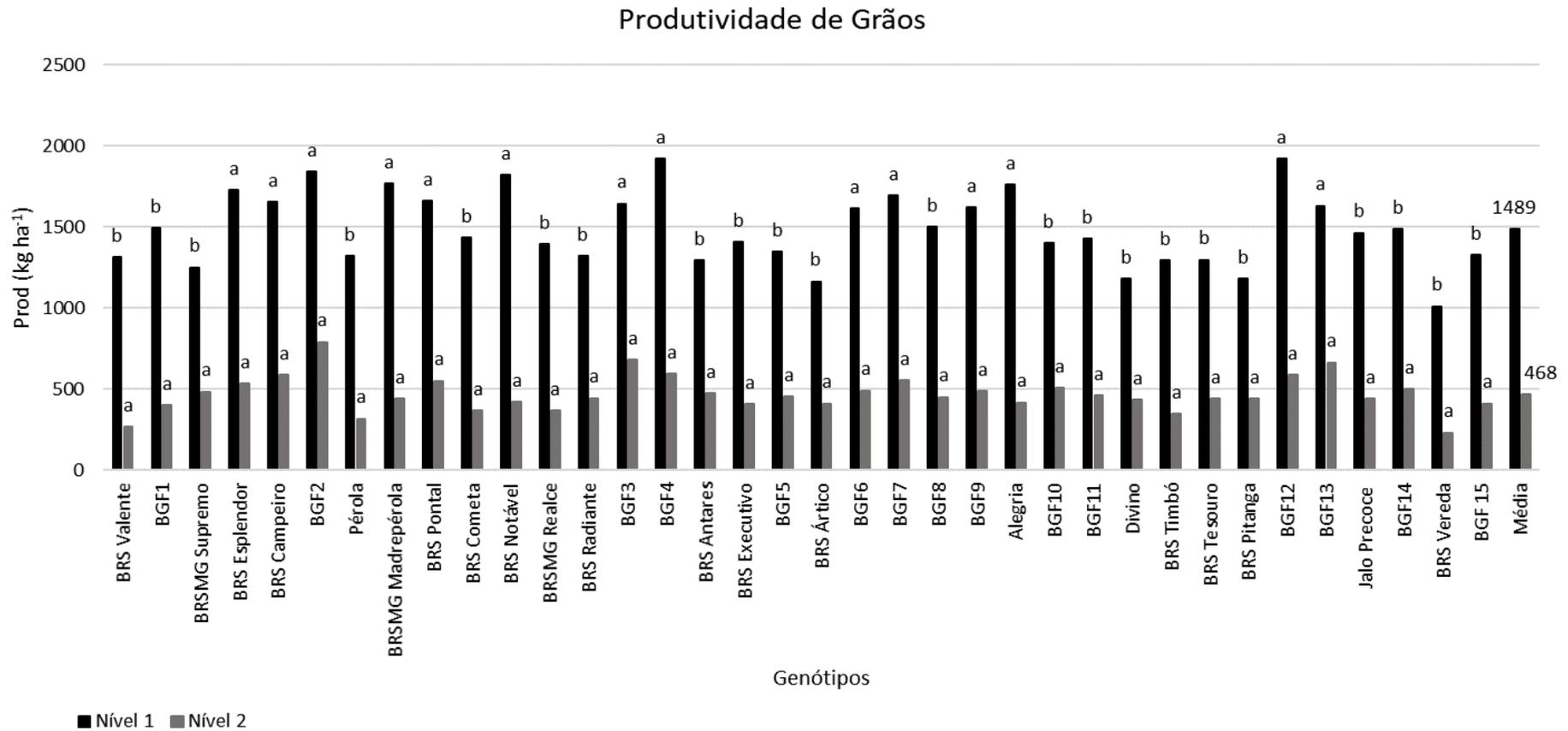


Figura 19: Média da análise conjunta, para Dias para Florescimento (DPF), do nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas pela mesma letra constituem grupo homogêneo conforme agrupamento de Scott-Knott à 5% de significância.

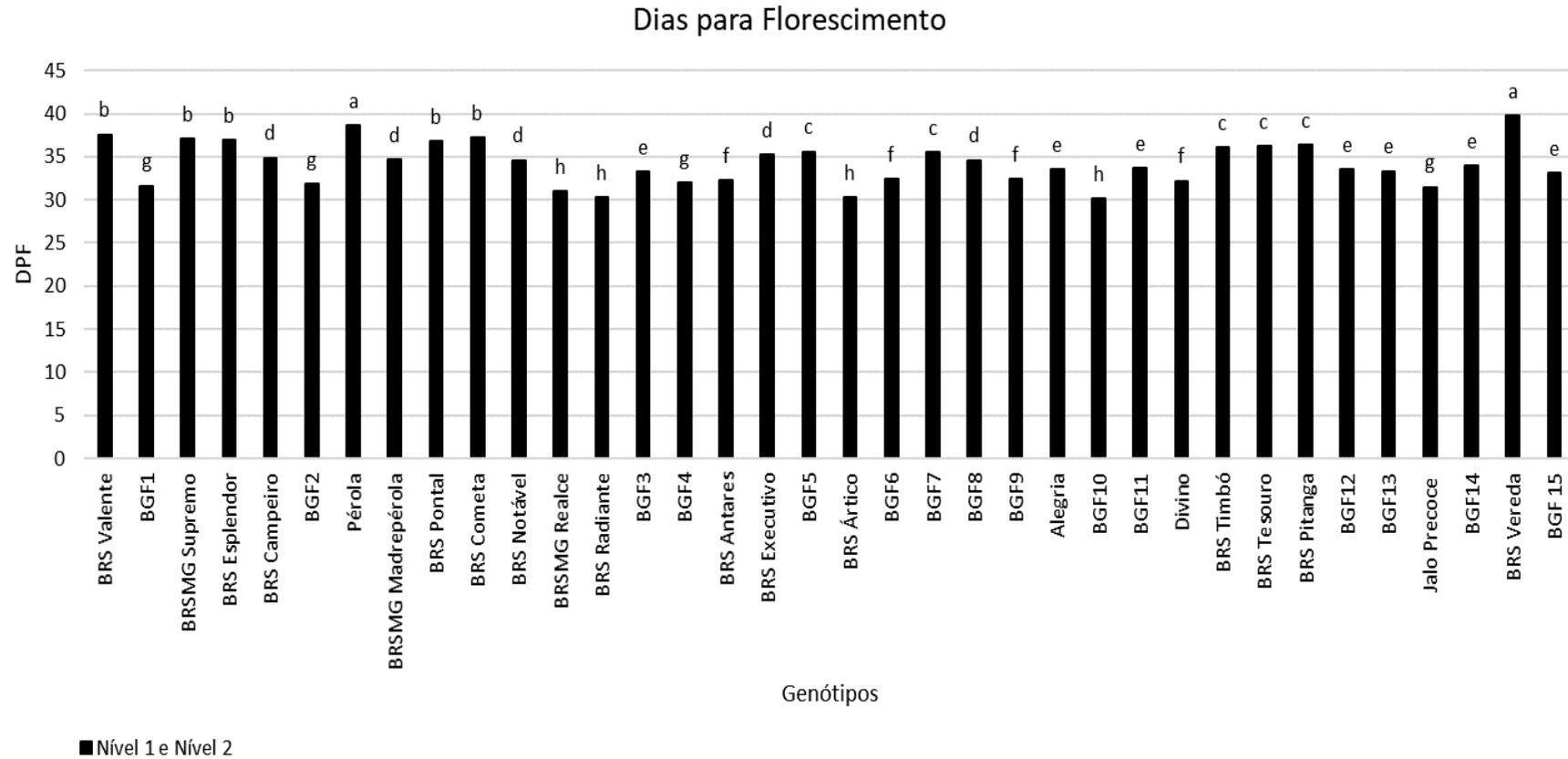
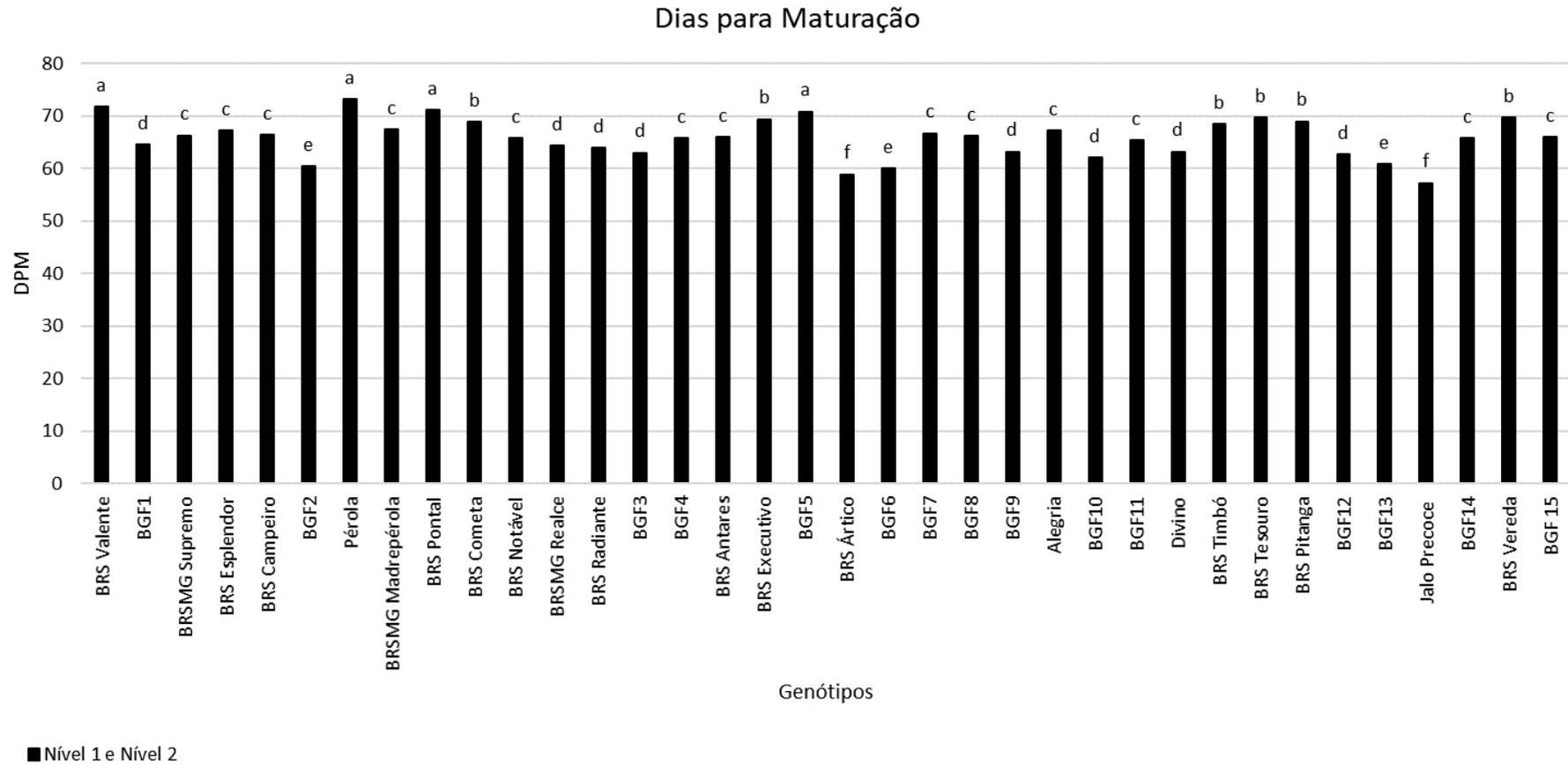


Figura 20: Média da análise conjunta, de Dias para Maturação (DPM), do nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas pela mesma letra constituem grupo homogêneo conforme agrupamento de Scott-Knott à 5% de significância.



Quanto a análise conjunta do caractere Porte (Figura 21), verificou-se que entre os genótipos, para os dois níveis de água no solo (1 e 2), não houve diferença estatística. Os genótipos com porte mais ereto foram BGF1, BRS Antares, BRS Ártico e Divino, seguido do BRS Supremo, BRS Realce e BGF 10, com guia curto ou algumas ramificações e hábito I ou II. E os com porte mais prostrado o genótipo BGF5, seguido do Pérola, BRSMG Madrepérola e BRS Pontal variando de planta semiereta, pouco prostrada a medianamente prostrada, hábito II ou III.

O NGV (Figura 22), diferiu entre os genótipos e entre as safras dos níveis 1 e 2. Os genótipos BRS Supremo, BRS Esplendor, BRSMG Madrepérola, BRS Pontal, BGF7, BRS tesouro e BRS Vereda foram os que obtiveram maior NGV no nível 1 e menor NGV os genótipos BRS Antares seguido de BRS Executivo, BRS ártico, BGF11 e Divino. Para o nível 2, os genótipos com maior NGV foram BRS Pontal e o BRS tesouro e os que obtiveram menor NGV foram Pérola, BRS Realce, BRS Antares, BRS ártico, BGF6, BGF10, BRS Executivo e Divino.

Para o caractere NVP (Figura 23) não houve diferença entre o nível 1 e o nível 2, os genótipos BRS Esplendor, BRS Notável, BRS Timbó, BRS tesouro, BRS Pitanga, BGF5, BGF6, BGF7 e BGF15 foram os que obtiveram maior NVP e os com menor foram os genótipos BGF4, BGF1, BRS Antares, BRS Executivo, BRS Ártico, BGF8, Alegria, BGF10, BGF11, Divino, BGF12, Jalo precoce, BGF14 e BRS vereda.

Figura 21: Média da análise conjunta, do caractere Porte, dos Nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas pela mesma letra constituem grupo homogêneo conforme agrupamento de Scott-Knott à 5% de significância.

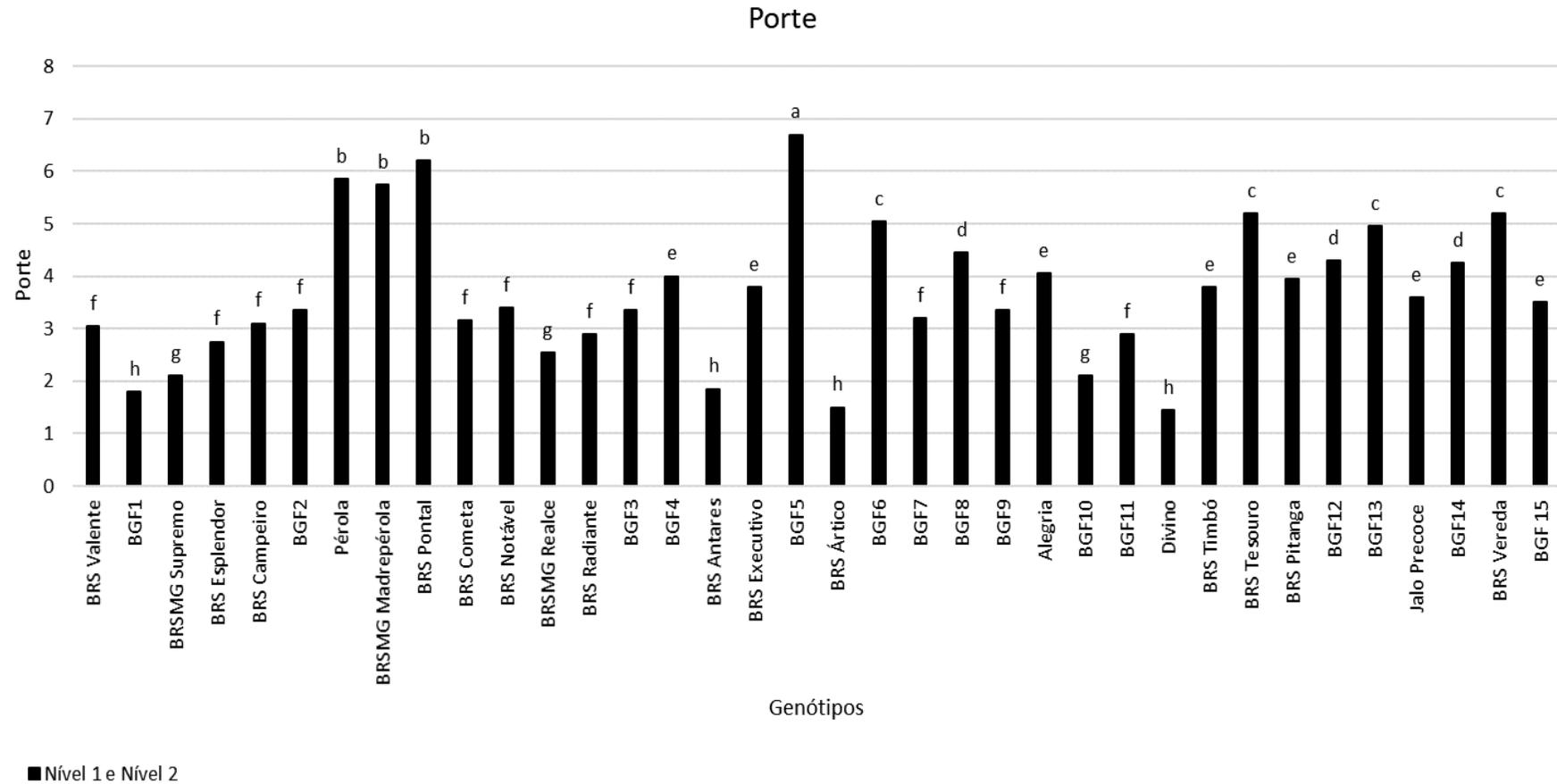


Figura 22: Média da análise conjunta, para o caractere Número de grãos por vagem (NGV), do nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

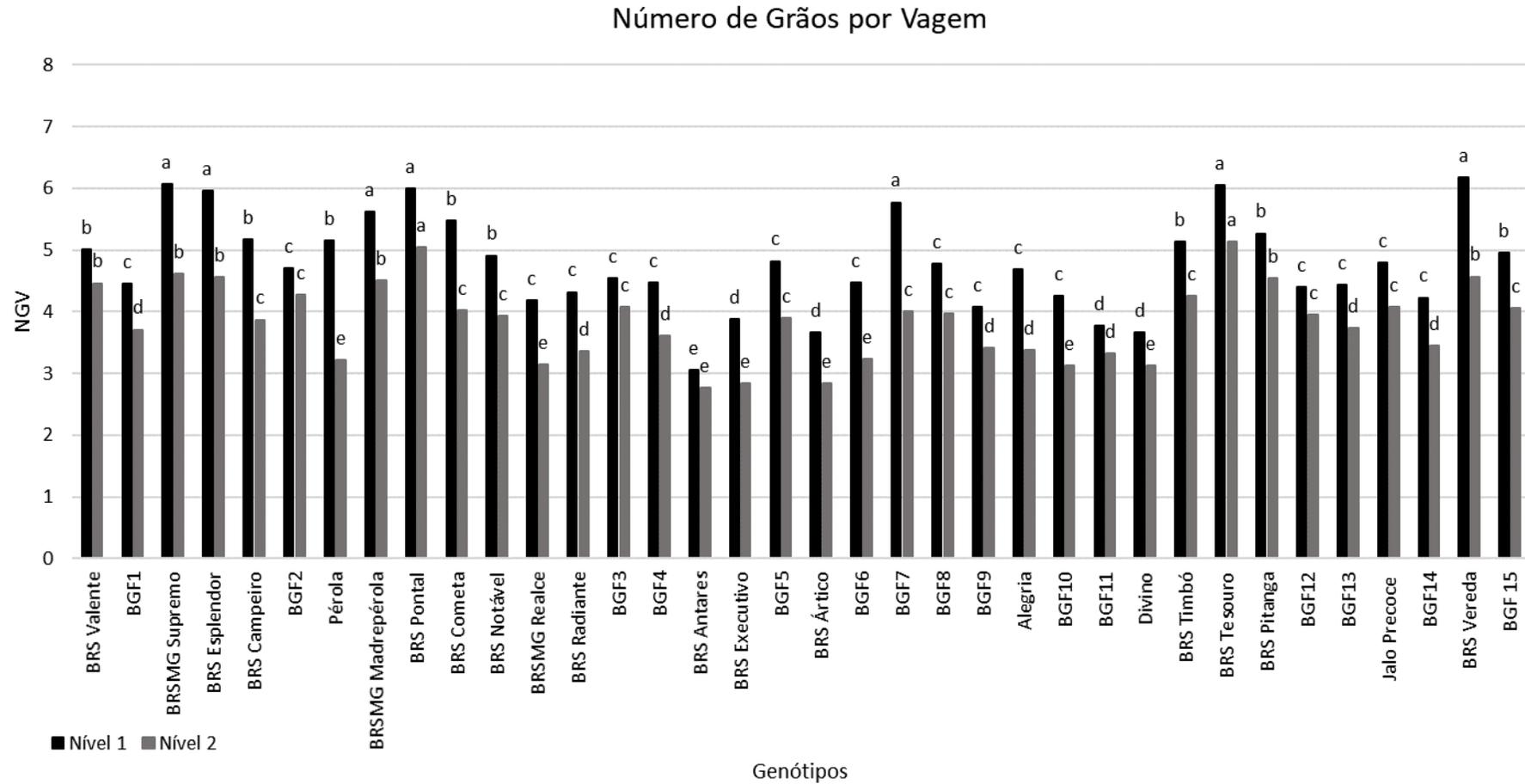
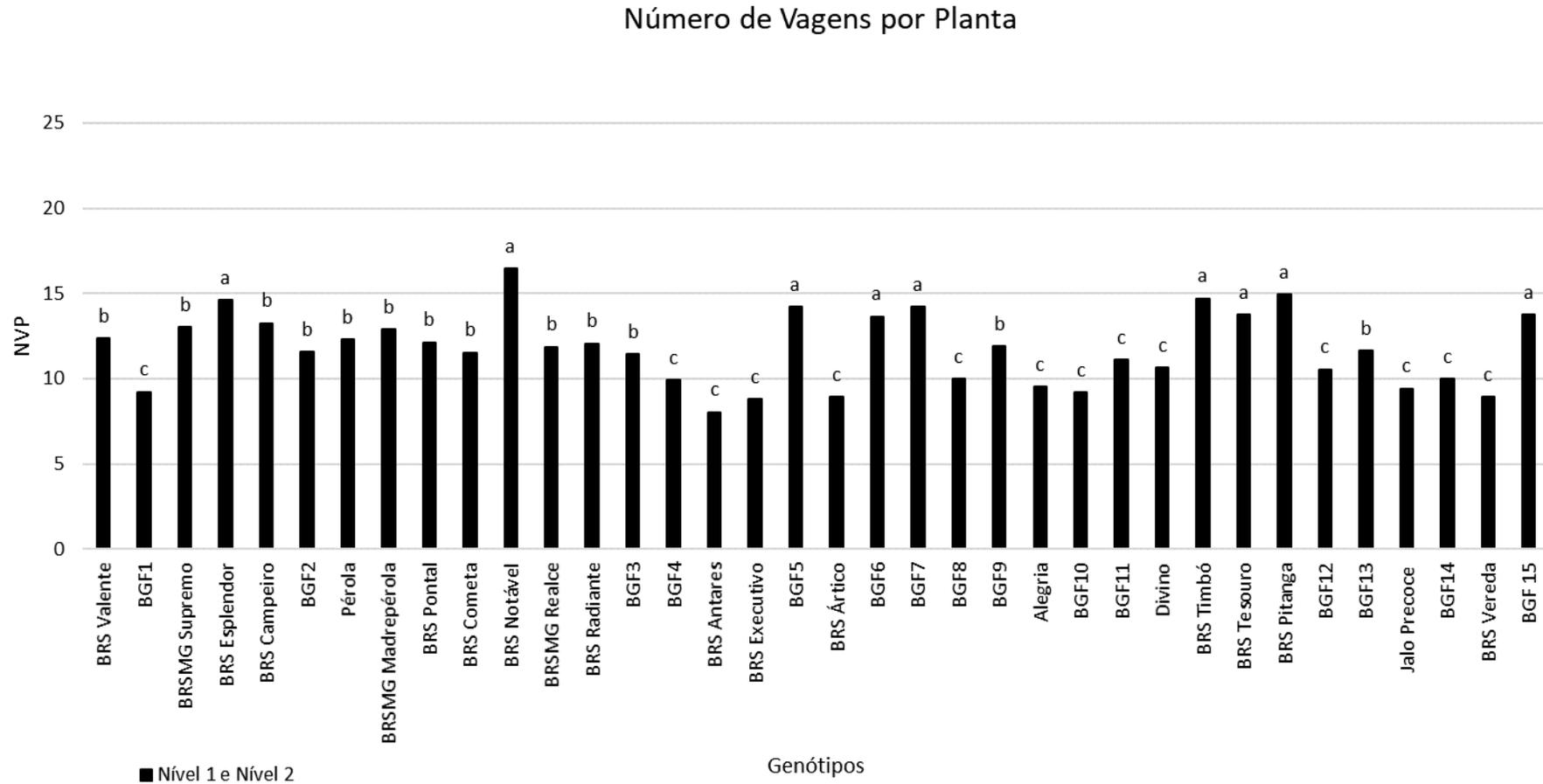


Figura 23: Média da análise conjunta, para o caractere Número de vagens por Planta (NVP), do nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Médias seguidas pela mesma letra constituem grupo homogêneo conforme agrupamento de Scott-Knott à 5% de significância.



A massa de 100 grãos (Figura 24), diferiu entre os níveis 1 e 2. No nível 1, os genótipos BRS Antares e BRS Executivo foram os que tiveram maior M100, sendo classificados como feijões de grãos grandes, pertencentes ao grupo andino. Os genótipos com menor massa de 100 grãos, foram BRS Pitanga, BRS Esplendor e o BRS Vereda, possuem grãos menores e pertencem ao grupo Mesoamericano. No nível 2, os genótipos com grãos maiores foram também o BRS Antares e BRS executivo. E com menores grãos os genótipos BRS Timbó, BRS Pitanga e o BRS Vereda. A variação que provocou a rejeição da hipótese de nulidade para interação só ocorre em alguns genótipos, pois os genótipos com grãos grandes e pequenos são praticamente os mesmos nos dois ambientes.

O Índice de Suscetibilidade ao Estresse (ISE) indica quais os genótipos mais sensíveis no ambiente com estresse hídrico. Os genótipos com $ISE > 1$ são mais sensíveis ao estresse e os genótipos com $ISE < 1$ são menos suscetíveis ao estresse (TÉRAN e SING, 2002). Com isso, é possível observar na Tabela 6, que os genótipos mais sensíveis a limitação de água no solo foram BRS Valente, BGF1, BRS Esplendor, Pérola, BRSMG Madrepérola, BRS Cometa, BRS Notável, BRSMG Realce, BGF4, BRS Executivo, BGF6, BGF8, BGF9, Alegria, BRS Timbó, BGF12, Jalo Precoce, BRS Vereda e BGF 15. Enquanto que os menos suscetíveis foram BRSMG Supremo, BRS Campeiro, BGF2, BRS Pontal, BRS Radiante, BGF3, BRS Antares, BGF7, BGF5, BRS Ártico, BGF10, BGF11, Divino, BRS Tesouro, BRS Pitanga, BGF13 e BGF14.

O Índice de Enchimento dos Grãos (Tabela 6) mostrou que os genótipos que obtiveram os grãos maiores e mais pesados no ambiente com limitação de água (Nível 2) foram BRSMG Supremo, BRS Esplendor, Pérola e BRS Notável. E os demais genótipos obtiveram grãos menores e leves.

Figura 24: Média da análise conjunta, do caractere Massa de 100 Grãos, em gramas (M100), do nível 1 (Suprimento adequado de água no solo) e nível 2 (Suprimento limitado de água no solo). Barras seguidas de mesma letra, minúscula entre genótipos e maiúscula entre níveis, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-knott, a 5% de probabilidade.

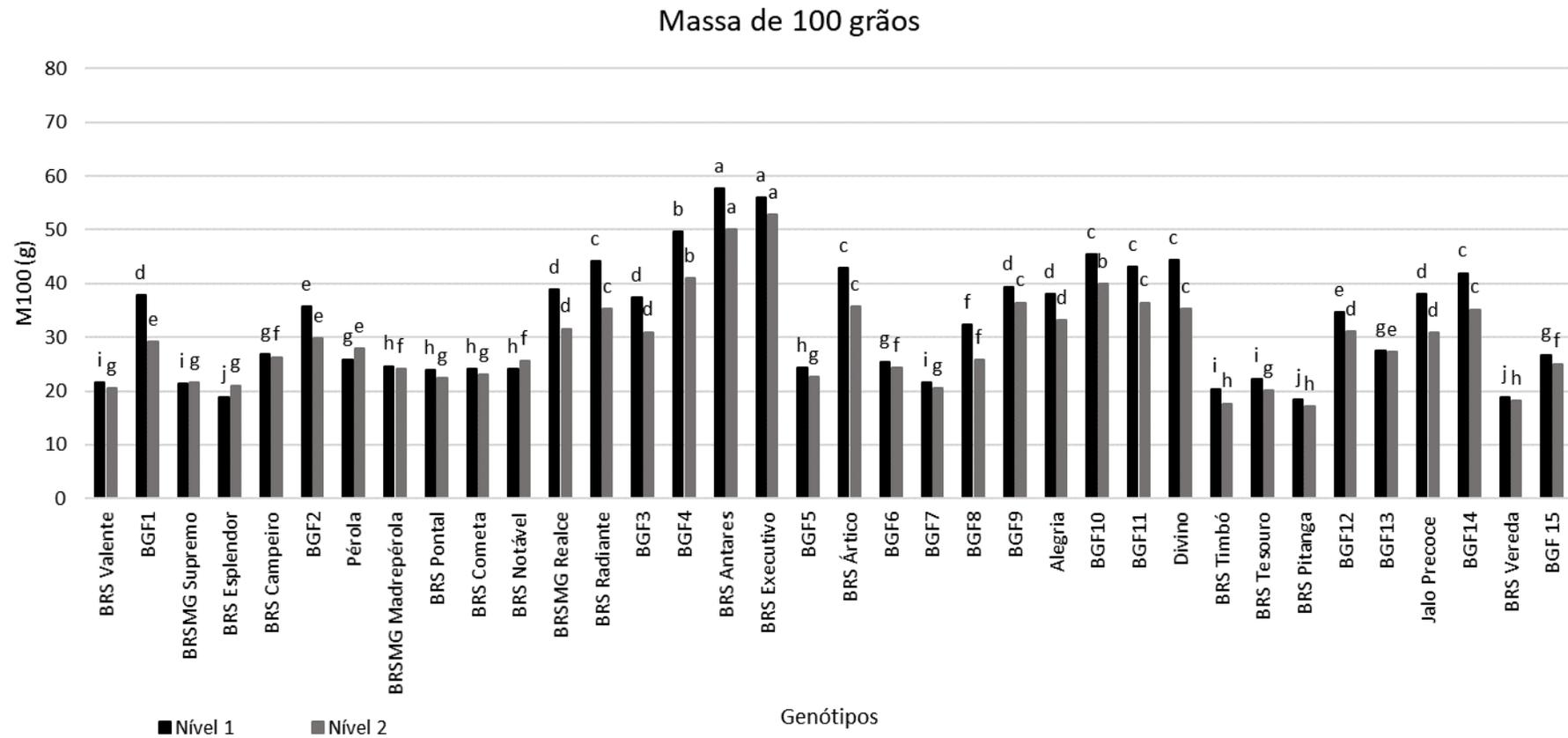


Tabela 6: Índice de Suscetibilidade ao Estresse (ISE) e Índice de Enchimento dos Grãos (IEG), para linhagens avaliadas com e sem estresse.

Genótipo	ISE	IEG
BRS Valente	1,16	105,03
BGF1	1,07	129,70
BRSMG Supremo	0,89	98,80
BRS Esplendor	1,01	89,92
BRS Campeiro	0,94	102,05
BGF2	0,83	119,86
Pérola	1,11	92,89
BRSMG Madrepérola	1,10	102,03
BRS Pontal	0,97	106,39
BRS Cometa	1,09	105,01
BRS Notável	1,12	94,27
BRSMG Realce	1,08	123,30
BRS Radiante	0,97	124,81
BGF3	0,86	120,62
BGF4	1,01	121,41
BRS Antares	0,92	115,38
BRS Executivo	1,04	106,24
BGF5	0,97	107,61
BRS Ártico	0,94	119,96
BGF6	1,01	105,07
BGF7	0,98	105,42
BGF8	1,02	125,19
BGF9	1,02	108,18
Alegria	1,11	114,60
BGF10	0,93	114,15
BGF11	0,99	118,05
Divino	0,92	125,49
BRS Timbó	1,06	115,46
BRS Tesouro	0,96	111,23
BRS Pitanga	0,91	107,53
BGF12	1,01	111,54
BGF13	0,86	101,03
Jalo Precoce	1,02	122,94
BGF14	0,97	119,28
BRS Vereda	1,13	104,36
BGF 15	1,01	106,83

5 DISCUSSÃO

A redução da produtividade em função do déficit hídrico para a safra 2016 foi de 72,06% e para a safra 2017 foi de 62,53%. Conforme postulado por Beebe et al. (2012), o índice de estresse hídrico para as duas safras, está adequado à estratégia de fenotipagem, pois o estresse hídrico deve reduzir a produção de feijão em mais de 60%. Menciona, ainda, que o trabalho relacionado ao estresse deve possuir restrição quanto a disponibilidade de água, incluindo precipitação e capacidade de armazenamento de água no solo, em baixa quantidade, o que restringe a expressão de potencial genético total da cultivar, alterando características fenotípicas importantes, inclusive as de interesse agrônomico como produção e qualidade do grão. A região do Vale do Submédio São Francisco reúne todas as condições para este tipo de estudo.

O estresse hídrico foi mais severo em 2016, como pode ser observado pelos valores do índice de estresse hídrico, podendo ser constatado pelo total de água disponibilizado para as plantas no Nível 2. Porém, observou-se que a produtividade referente a safra 2017 foi menor que a do ano de 2016, o que pode ter sido devido a diferença entre os ambientes (diferenças entre os sistemas de irrigação, temperatura, umidade, tipo de cultivo, entre outros) das duas safras, como pode ser observado nas Figura 1 e Figura 2 onde é possível ver as diferenças em relação a temperatura média e a Umidade Relativa. Além disso, a lâmina de água aplicada na safra 1 foi maior que da safra 2.

Em relação ao sistema de irrigação, o gotejamento possui maior eficiência de aplicação quando comparado ao sistema por aspersão, sendo a água aplicada pelo gotejo diretamente no sistema radicular da planta o que faz com que o feijoeiro utilize melhor a água aplicada por esse sistema, devido as perdas de evaporação e deriva no sistema por aspersão. Porém o manejo por aspersão condiciona um microclima favorável para o desenvolvimento do feijoeiro através do molhamento das folhas e faz tolerar melhor elevadas temperaturas. Ocasionalmente pela elevação da umidade relativa próximo à copa da planta e redução da transpiração da planta. Da quantidade de água aplicada

ao solo, uma pequena quantidade é absorvida e aproveitada pelas plantas, pois ocorrem perdas por percolação, evaporação e escoamento superficial, dependendo do manejo adotado e da uniformidade dos sistemas (BERNARDO, 2011).

A ocorrência de estresse hídrico diminuiu a produtividade bem como seus componentes de produção (M100 e NGV) nos dois anos de estudo, variando no mesmo sentido e sendo altamente influenciados pelas condições ambientais. Em tese, esse resultado era esperado, uma vez que esse tipo de estresse tende a prejudicar o desenvolvimento e conseqüentemente a formação de vagens e grãos (BEEBE et al., 2013). A média geral da produtividade variou 1872 kg ha⁻¹ a 523 kg ha⁻¹ para o nível 1 e nível 2, respectivamente, no ano de 2016 e de 1105 kg ha⁻¹ para o nível 1 a 414,3 kg ha⁻¹ para o nível 2 no de 2017 (Tabela 4). Desta forma, observa-se que sob condições de deficiência hídrica ocorreu redução de produtividade de 72,06% no ano de 2016 e de 62,51% no ano de 2017, como mencionado anteriormente. Ambachew et al. (2015) relataram que a avaliação de genótipos em condições de elevada deficiência hídrica reduz a produção de sementes para níveis muito baixos que poderiam mascarar as diferenças genotípicas entre os materiais avaliados. No entanto, o estresse de alto a moderado é útil para seleção, pois o estresse insuficiente pode resultar na seleção de genótipos não tolerantes.

O efeito de níveis diferiu entre as safras 2016 e 2017 para os caracteres porte e DPF, que foram influenciados pelo efeito do estresse hídrico, onde pode ser detectado apenas no experimento de 2017 por haver maior precisão experimental e conseqüentemente, maior discriminação dos dados referentes de DPF e Porte (Tabela 2 e Tabela 3). Para produtividade de grãos observou-se que o efeito G/Nível 2 diferiu entre as safras, onde foi observado o efeito significativo apenas na safra 2017 (Tabela 5). Para os caracteres DPF, Porte e NVP observa-se que possuem menor índice de susceptibilidade ao estresse pois os genótipos não modificaram muito suas características em relação a diferenciação entre os níveis.

Não houve variação quanto ao Porte entre os níveis não havendo diferenciação na arquitetura da planta. Em 2016 as plantas atingiram elevado aporte de biomassa e área foliar, onde o contraste do nível 1 e nível 2 foi nítido, a severidade do estresse foi tão elevada que impediu as plantas de expressarem o porte adequado. Nesse sentido, o experimento de 2017 foi o mais adequado para avaliação.

Observou-se que apesar da redução do NGV verificada para todos os genótipos avaliados, os genótipos BRS Antares, BRS Executivo, BGF3, BGF4, Divino, BGF11, BGF12, Jalo precoce e BRS Ártico mantiveram seu NGV estáveis durante a safra de 2017 (Figura 13). Destes, os genótipos BGF3, BGF4, Jalo precoce, BGF11 e Divino reduziram significativamente a massa de 100 grãos (M100) nos dois anos, o que mostra que são bastante sensíveis à redução de água no solo, o que provocou uma redução significativa da produção de um nível para outro durante os dois ciclos de cultivo (Figuras 16 e 17). A redução no rendimento das sementes e na M100 está associado a suscetibilidade ao estresse o que causa uma diminuição na assimilação da fotossíntese o que interfere na qualidade e enchimento do grão em desenvolvimento (ASFAW et al., 2012). Os genótipos tolerantes ao estresse mantêm semelhante a massa de 100 grãos quando submetidos ao estresse, dentro da faixa de característica do grupo andino ou mesoamericano, independentemente do teor de água no solo.

A análise de variância conjunta, mostrou que quatorze genótipos foram mais produtivos nos dois anos de estudo, sendo estes os de grãos tipo preto o BGF2, BRS Esplendor e BRS Campeiro; grão tipo rajado BGF4 e BGF3; grão tipo roxo o BGF12; grão carioca o BRS Notável, BRSMG Madrepérola (grão carioca) e BRS Pontal; grão manteigão o Alegria e BGF9; com grão mulatinho BGF7; grão pardo o BGF13 e grão rosinha o BGF6. Destas, oito foram advindos de agricultores, o que mostra o grande potencial dos genótipos utilizados por estes na região. Segundo Beebe et al. (2013), um conjunto de genótipos adaptados as condições locais é um componente importante de resistência à seca. Pois estes tendem a desenvolver vários mecanismos para manter o potencial de água na planta dentro de limites razoáveis para o

funcionamento metabólico normal sob o estresse hídrico, ou seja, são mais eficientes no uso da água. Isso é um indício do potencial dos genótipos mantidos por agricultores, como fontes de resistência.

Os genótipos pertencentes ao grupo mesoamericano apresentaram o maior número de grãos por vagem e número de vagens por planta em relação aos genótipos pertencentes ao grupo Andino. Segundo Polania et al. (2016), os genótipos mesoamericanos possuem maior produção não por causa de seu menor tamanho de grão, mas por formarem mais grãos sob condições de estresse, com melhor mobilização da fotossíntese para a formação e preenchimento dos grãos. O menor tamanho do grão pode proporcionar vantagem no enchimento de grãos e um maior número de sementes ou vagens compensando, caso haja aborto de grãos ou vagens durante o estresse hídrico.

Os genótipos pertencentes ao grupo andino mostram maior suscetibilidade às condições de deficiência hídrica, com baixa produção de grãos em comparação com os genótipos de origem mesoamericanos. Porém sob condições irrigadas, alguns genótipos de origem andina apresentam potencial de produção de grãos semelhantes aos dos genótipos mesoamericanos como os genótipos BGF4, BGF3, BGF12 e BGF9, o que mostra o grande potencial em condições irrigadas.

Em relação a precocidade dos genótipos avaliados, observou-se que nem sempre os mais precoces foram favorecidos em relação a produção de grãos devido a época em que foi submetido a redução de água no solo, ocasionando o estresse hídrico na planta. A exemplo das cultivares BRS Ártico e Jalo precoce que apesar da precocidade não foram uma das mais produtivas. Asfaw e Blair (2014) afirmam que a precocidade, em alguns locais, é uma característica de tolerância, embora também verificaram que os genótipos de maturação precoce não foram correlacionados com maiores rendimentos nos locais e genótipos em que efetuaram o ensaio referente a estimação da tolerância a seca de linhagens de feijoeiro. Segundo Araus et al. (2002), o sistema radicular mais profundo, a precocidade da planta e a osmoregulação, podem ajudar a cultura a utilizar água de forma mais eficiente. Onde um genótipo com desenvolvimento fenológico mais rápido (precoce) reduz a perda

evaporativa de água da superfície do solo. Entretanto, a adequação da adoção de vigor precoce como características de reprodução dependerá fortemente da natureza do estresse hídrico.

Mesmo sob o ambiente de déficit, os genótipos de feijão, independentemente de seus níveis de resistência ao estresse, utilizaram a água disponível para seu desenvolvimento, com diferente eficiência no uso da água para cada genótipo e com redução em comparação com condições ambientais mais favoráveis encontradas no Nível 1. Com isso, os genótipos de feijão comum com alta eficiência de uso da água devem ser selecionados a fim de minimizar os efeitos causados pela deficiência hídrica, em regiões com baixa disponibilidade de água e desenvolver cultivares resistentes à seca (BLUM, 2005).

A interação entre genótipos x níveis foi significativa para os caracteres PROD, NGV e M100, mostrando que entre os níveis houve diferenças entre alguns genótipos para estes caracteres (Tabela 5). Dentro do nível 1 os genótipos diferenciaram. No entanto para o nível 2, não houve efeito significativo para a produção. Isto mostra que nenhum genótipo se sobressaiu quando submetido ao estresse mais severo. Conforme outros desdobramentos desse mesmo experimento foi possível observar que alguns genótipos se sobressaíram no ambiente com estresse na safra de 2017. Diante do exposto é possível inferir que a baixa precisão experimental no ambiente com estresse para produção em 2016 contribuiu para efeito não significativo. Os genótipos que apresentam melhor produção no desdobramento de genótipos na análise conjunta também apresentam melhor produção sob estresse hídrico na safra de 2017.

Na Tabela 5, a interação genótipos x safras mostrou que os genótipos não diferiram entre as safras quanto a DPF, mas diferiu em relação a DPM, PROD, Porte, NGV, NVP e M100. Para Genótipo/Safra1 e Genótipo/safra2 houve efeito significativo para todos os caracteres PROD, DPF, DPM, Porte, NGV, NVP e M100, indicando que os genótipos se comportaram de forma diferente entre os anos, tanto para o nível 1 quanto para o nível 2. Os genótipos que não variaram são os mais adaptados as condições de

deficiência hídrica. Em relação a produtividade dos grãos, fica evidente que alguns genótipos diferenciaram entre os anos, nos diferentes níveis. Isto é devido a diferenças agrometeorológicas, manejo do solo e manejo da irrigação diferentes, entre outros fatores que diferenciaram entre o ano de 2016 e 2017, porém fica evidente que alguns genótipos são mais estáveis que outros. Interferindo, diretamente, na produtividade dos genótipos e também nas demais características avaliadas.

A interação genótipos x níveis x safras mostrou o efeito significativo para PROD, NGV e M100, indicando a diferença entre os caracteres de produção entre os níveis nas diferentes safras. A interação Genótipos x Safras x Níveis é mais complexa e dificulta a seleção e os desdobramentos dos efeitos. A interação significativa para PROD, M100 e NGV é esperado no sentido de que as condições anuais são divergentes, além do sistema e manejo de irrigação adotado diferir entre as safras, a natureza do caráter ser poligênica e à baixa herdabilidade.

Nas médias de análise conjunta referente a produtividade de grãos para as safras do nível 2, não foi detectada diferença estatística entre os genótipos, em função da menor precisão experimental sob estresse. Em razão disso, uma alternativa para a escolha do genótipo, é considerar os dois níveis simultaneamente para seleção em que o nível 1 avalia o potencial produtivo e o nível 2 a tolerância dos genótipos em condições de estresse hídrico, sendo possível verificar a maior diferenciação dos genótipos entre os ambientes. Há carência de resultados sólidos de sucesso no melhoramento para esse tipo de estudo; os resultados da pesquisa realizada, embora complexos, estão nessa linha (ARAUS et al., 2002).

Com isso, a escolha de um genótipo que tenha maior eficiência no uso da água, para a região do Vale do Submédio do São Francisco, pode ser realizada em um ambiente sem limitação de água no solo, desde que seja realizado o manejo adequado de água. E que sejam carreados simultaneamente ensaios com deficiência hídrica para excluir gradativamente linhagens que apresentem baixas produtividades sob estresse e baixo potencial produtivo sem estresse, além de características de qualidade dos

grãos e preferência de mercado. A seleção para a escolha do melhor genótipo pode ser feita selecionando diretamente o porte da planta e a sua precocidade (BLUM, 2005). Além da seleção ser realizada com base no rendimento de grãos sob o período com limitada disponibilidade de água (ROSALES et al., 2012).

Dos genótipos produtivos o BGF2, BGF6, BGF13 foram os que mostraram maior precocidade, seguidos dos genótipos BGF9 e BGF12. Os de porte mais ereto foram o BRS Esplendor, BRS Campeiro, BRS Notável, BGF2, BGF3, BGF7 e BGF9, com característica desejável para a mecanização agrícola e minimizará a ocorrência de doenças cuja incidência depende do contato direto da parte aérea com o solo, já que o feijão na região é irrigado o que aumenta a umidade e favorece o ataque de pragas. Destes, o que obteve melhor características de precocidade, porte e produtividade foi o BGF2. O NVP dos genótipos não diferiu estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre as safras nos dois níveis de irrigação. No nível 1, os genótipos BRS Esplendor, BRSMG Madrepérola, BRS Pontal e BGF7 possuíram maior NGV, enquanto que, no nível 2 o genótipo BRS Pontal foi o que possuiu maior NGV, o que mostra que houve redução dos grãos entre os níveis. Estes genótipos possuem grão pequeno, sendo evidenciado por meio da M100. Para o melhoramento genético a obtenção de cultivares que possuam porte ereto, maior uniformidade de maturidade das vagens e adequados rendimentos de produção e de colheita são os principais objetivos, de forma que se tenha cultivares adaptadas para o mercado (EMBRAPA, 2012).

As testemunhas BRS Vereda e BRS Radiante ficaram com médias de produtividade abaixo dos acessos BGF12, BGF4, BGF2, BRS Notável, BRSMG Madrepérola, Alegria, BRS Esplendor, BGF7, BRS Pontal, BRS Campeiro, BGF3, BGF13, BGF9 e BGF6. Apenas a BRS Pontal mostrou-se mais adaptada em relação as outras testemunhas, as condições da região, mas tem a desvantagem do porte mais prostrado e ser tardia. Das testemunhas, apenas a BRS Radiante possui um ciclo mais precoce e porte mais ereto, porém não é tão produtiva nas condições avaliadas. É possível afirmar que há, no germoplasma, materiais com características desejáveis, contudo um único

acesso não agrega todas estas, o melhoramento genético na região vem, nesse sentido, como possível solução.

O Índice de Suscetibilidade ao Estresse (ISE) (Tabela 6), deixa explícito que os genótipos BGF2, BGF13, BRS Pontal, BGF3 e BGF7 são menos susceptíveis ao estresse que as demais linhagens que foram produtivas. Os Genótipos BRS Esplendor, BRSMG Madrepérola, BRS Notável, BGF6, BGF4, BGF9, Alegria e BGF12 apesar de serem bastante produtivos, tem menor tolerância à deficiência hídrica, sendo bastante susceptíveis. O genótipo BGF6 mostrou-se bastante suscetível ao estresse apesar de possuir características desejáveis para a Região como porte ereto e precocidade. A BRS Campeiro, BGF3 e BGF7 são genótipos produtivos e que toleram o estresse hídrico, porém não possuem características como porte e precocidade desejáveis para a região. As testemunhas BRS Pontal e BRS Radiante são menos susceptíveis ao estresse que o acesso BRS Vereda, que mostrou-se não ser adaptada para a Região. A BRS Pontal apesar de ter sido produtiva e ser menos suscetível ao estresse, possui características que não são desejáveis para a seleção.

O genótipo BGF2 apesar de ter sido um dos mais adaptados, foi um dos genótipos que obteve menor peso de grão em condição de estresse hídrico. Juntamente com os genótipos BGF3, BGF4, Alegria e BGF12 que possuíram maior produtividade de grãos. As testemunhas tiveram baixo Índice de enchimento dos grãos. A cultivar de feijão comum resistente à seca deve possuir mecanismos que permitam manter um balanço hídrico competente para poder usar água de forma mais eficiente principalmente sob a seca terminal, favorecendo o preenchimento de grãos, ao contrário de uma cultivar suscetível à seca (ROSALES et al., 2012). O uso eficiente da água é o principal motor para o ganho genético da produção de culturas sob um regime de água limitado (BLUM, 2009).

Novos estudos precisam ser realizados em condições mais abrangentes da região com os melhores genótipos a fim de avaliar seu potencial de cultivo. Alguns acessos do banco de germoplasma se mostraram mais promissores em relação as testemunhas (linhagens recomendadas para Pernambuco). Os resultados obtidos indicam que é possível selecionar linhagens que associem

boa produtividade com características de arquitetura de planta, bem como duração de ciclo e tamanho de grão de acordo com as exigências específicas de mercado.

6 CONCLUSÕES

Foram identificadas linhagens com bom potencial produtivo com diferentes tipos de grãos e grande variabilidade genética entre os acessos para todos os caracteres.

Os genótipos BGF2, BGF4, BGF12, BRS Notável, BRSMG Madrepérola, Alegria, BRS Esplendor, BGF7, BRS Pontal, BRS Campeiro, BGF3, BGF13, BGF9 e BGF6, apresentam potencial superior ao das testemunhas BRS Vereda e BRS Radiante, com diferentes tipos de grãos. O genótipo BGF2 possui grande potencial produtivo, aliado a outros caracteres desejáveis.

O estresse hídrico reduz drasticamente a produtividade de grãos, o que demonstra não ser viável a produção de feijão comum sem irrigação.

A avaliação na ausência de estresse (nível 1) obteve maior precisão e maior poder de discriminação dos genótipos, enquanto que a avaliação sob estresse apresenta menor precisão. Contudo se fez necessária para exclusão de linhagens muito sensíveis.

É necessário avaliar os genótipos em condições representativas, com diferentes tipos de solo e clima, para que se obtenha o potencial produtivo e a tolerância ao estresse.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional das Águas (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos: Informe 2016. Brasília -DF, 2016.

AMBACHEW, D. et al. Trait associations in common bean genotypes grown under drought stress and field infestation by BSM bean fly. **The Crop Journal**, v. 3, p. 305-316, 2015.

ANDRADE, M.J.B. et al. **Exigências edafoclimáticas**. In: CARNEIRO, E.J.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 67-95.

ARAÚJO, G.A.A.; CAMELO, G.N. **Preparo do solo e plantio**. In: CARNEIRO, E.J.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 115-144.

ARAÚJO, L.C.A.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 2, p. 156-162, 2012.

ARAUS, J.L. et al. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? *Ann. Bot.* 89(SPEC. ISS.): p. 925– 940.2002.

ASHRAF, M. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. **Biotechnology Advances**, v.28, p.169-183, 2010.

ASFAW, A. et al. Multi-environment quantitative trait locus analyses for photosynthate acquisition, accumulation and remobilization traits in a common bean. **Genes Genomes Genet**, v.2, p. 579–595, 2012.

ASFAW, A. BLAIR, M.W. Quantification of drought tolerance in Ethiopian common bean varieties. *Agricultural Sciences*, v. 5. p. 124-139, 2014.

BANZIDER, M. et al. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize. CIMMYT Special Publication. México, D.F.: CIMMYT. P.68. 2000.

BANDIZER, M. et al. Breeding for improved drought tolerance in maize adapted to Southern África. **Agricultural Water Management**, v.80, p.212-224, 2006.

BEEBE, S.E. et al. Phenotyping common beans for adaptation to drought. **Frontiers in Physiology**. v. 4, p. 1-20, 2013.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 8ª ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2011.

BERNARDO, S. et al. **Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro**. Seiva, Viçosa, v.30, n.71, p.7-13, 1970.

BLAIR, M.W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central África. **Theor Appl Genet**, v. 121, p. 237–248, 2010.

BLUM, A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian **Journal of Agricultural Research**, v. 56, p. 1159-1168, 2005.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, v.112, p.119-123, 2009.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S.; **A cultura**. In: CARNEIRO, E.J.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 1-15.

BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. **Estresses abióticos: Desafios do melhoramento de plantas nas próximas décadas**. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.1-28.

BOURGAULT, M. et al. Effects of deficit irrigation and salinity stress on common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) and mungbean (*Vigna Radiata*) wilczek

grown in a controlled environment. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, n. 4, p. 262-272, 2010.

BURLE, M.L. et al. Microsatellite diversity and genetic structure among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Brasil, a secondary center of diversity. **Theor Appl Genet**, v.121, p. 801-813, 2010.

CAVATTE, P.C. et al. **A fisiologia dos estresses abióticos**. In: FRITSCHENETO, R.; BORÉM, A. Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.39-79.

COLLICCHIO, E. et al. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V.4 - Sexto levantamento. Safra 2016/17 – n.6. 2017

COSTA, A. F.; LOPES, L. H. O. **Recursos genéticos e melhoramento de feijoeiro em Pernambuco**. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, R. R. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido; Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

COSTA, E. S. et al. Photochemical efficiency in bean plants [*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* (L.) Walp.] during recovery from high temperature stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v.14, n.2, p.105-110, 2002.

DEBOUCK, D. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. VAN and VOYSESR, O. (eds.). Common beans – Research for crop improvement. Cali, **CAB International**, CIAT, p. 55-118, 1993.

EMBRAPA. **Sistema de Produção do Feijoeiro Comum em Várzeas Tropicais: Estabelecimento da Cultura**. Santo Antônio de Goiás-GO :2002. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/211393/1/circ56.pdf>>. Acesso em: 16 out 2017.

EMBRAPA. **Informações Técnicas para o Cultivo do Feijoeiro Comum na Região Nordeste Brasileira 2012-2014**. 1 ed. Aracaju-SE: 2013. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2013/doc_181.pdf>. Acesso em: 20 jan 2017.

EMBRAPA. **Informações Técnicas para o Cultivo do Feijoeiro Comum na Região Central-Brasileira 2012-2014**. 1 ed. Santo Antônio do Goiás-GO: 2012. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/doc_272.pdf>. Acesso em: 22 ago 2017.

FAGERIA, N.K. et al. **Melhoramento para à tolerância a salinidade**. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.152-176.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer .statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, 1039-1042 p., 2011.

FRITSCHÉ-NETO, R. et al. **Melhoramento para a tolerância a estresses ou para eficiência no uso de recursos?** In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.30-38.

GEPTS, P. et al. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris*) from Colombia. **Economic Bototany**. v. 40, p. 469-478, 1986.

GEPTS, P. et al. Dissemination Pathways of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae) Deduced from Phaseolin Electrophoretic Variability. I. The Americas. **Economic Botany**, Bronx, v. 42, p. 73-85, 1988.

HERNÁNDEZ-LUCERO, E. et al. Differential expression of genes for tolerance to salt stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant molecular biology reporter**, v. 32, n. 2, p. 318-327, 2013.

JÚNIOR, J.B.F.M. O feijão comum. **Revista do Instituto Adolfo Luiz**. p. 85-104, 1960.

KOENIG, R.L.; SINGH, S.P; GEPTS, P. Novel phaseolin types in wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, Bronx, v. 44, n. 1, p. 50-60, 1990.

LOKA, D. D. et al. Water-Deficit Stress in Cotton. In: **Stress physiology in cotton**. OOSTERHUIS, M D, Cordova, Tennessee, U.S.A. p.37 – 73. 2011.

MARLES, M. A. S.; VANDENBERG, A.; BETT, K. E. Polyphenol oxidase activity and differential accumulation of polyphenolics in seed coat of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) characterize postharvest color changes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, p. 7049-7056, 2008.

MENSACK, M.M. et al. Evaluation of diversity among common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from two centers of domestication using „omics“ technologies. **BMC Genomics**, v.11, p.1-33, 2010.

NEPOMUCENO, A. L. et al. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**. KL3, n.23, p.12-18. 2001.

PAULA JÚNIOR, T.J.; ZAMBOLIM, L. **Doenças**. In: VIEIRA, C.; JÚNIOR, J.L.P.; BORÉM, A. Feijão. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. p.359-414.

POLANIA, J. Physiological traits associated with drought resistance in Andean and Mesoamerican genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, v.210, p.17–29, 2016.

PORCH, T. G.; JAHN, M. Effects of high-temperature stress on microsporogenesis in heat-sensitive and heattolerant genotypes of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Cell Envir.*, 24 (7): 723-731, 2001

QUINTELA, E. D. Manejo Integrado de Pragas do Feijoeiro. Santo Antônio do Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2001, 28 p. (Circular Técnico, 46)

QUINTELA, E.D.; BARBOSA, F.R. **Manejo de pragas**. In: CARNEIRO, E.J.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 242-269.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; **Cultivares**. In: VIEIRA, C.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. p. 415-436.

RAMALHO, M.A.P. et al. Genetic plant improvement and climate changes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa-MG, v. 9, n. 2, p. 189-195, 2009.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. p.182-194, 2007.

ROSALES, M.A. et al. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 56, p.24-34, 2012.

SANTOS, J.B. et al. **Botânica**. In: CARNEIRO, E.J.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 37-66.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**. v. 58, p. 221-227, 2007.

SILVA, K.A. et al. Levantamento de solos utilizando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina-PE. **Comunicata Scientiae**, V. 8, p.175-180, 2017.

SILVA, M.A. et al. **Melhoramento para eficiência no uso da água.** In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Ed.) Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.127-149.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. O Feijão-Comum no Brasil Passado, Presente e Futuro. Santo Antônio de Goiás -GO: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2013, 63 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 287) .

SINGH, S.P. et al. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabacea). **Economic Botany**, Bronx, v.45, n.3, p.379-396, 1991.

SINGH, S.P. Broadening the genetic base of common beans cultivars: A review. **Crop Science**, Madison, v.41, p. 1659-1675, 2001.

SINGH, S.P.; SCHWARTZ, H.F. Breeding Common Bean for Resistance to Diseases: A Review. **Crop Science**, v. 50, p. 2199-2223, 2010.

SIQUEIRA, B.S. et al. Influence of Storage on Darkening and Hardening of Slow- and Regular-Darkening Carioca Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes. **Journal of Agricultural Studies**. v. 2, n. 2, p. 87-104, 2014.

SOUZA, M.A.; PIMENTEL, A.J.B.; RIBEIRO, G. **Melhoramento para tolerância ao calor.** In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Ed.) Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.199-226.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia do Estresse.** In: _____. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre:Artmed, 2009. p.738-748.

TALAMÉ, V.; OZTURK, N. Z.; BOHNERT, H.J.; TUBEROSA, R. Barley transcript profiles under dehydration shock and drought stress treatments: a comparative analysis. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p.229-240, 2006.

TÉRAN, H. SING, S.P. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. **Crop Science**, v. 42, n.1, p. 64-70,2002.

VERSLUES, P.E. et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, v. 45, p. 523–539, 2006.

VIEIRA, C. et al. **Melhoramento do feijão**. In: BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento das espécies cultivadas*. v. 2, Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 301-391.

WANG, W. et al. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. ***Plant Physiology***. v. 218, p. 1-14, 2003.

ZENG, H.G. et al. Quantitative trait loci for root penetration ability and root thickness in rice: comparison of genetic backgrounds. ***Genome***, v.43, p.53-61, 2000.

ZHOU, J. et al. Global genome expression analysis of rice in response to drought and high salinity stresses in shoot, Xag leaf, and panicle. ***Plant Molecular Biology***, v.63, p.591-608, 2007.