

**RECUPERAÇÃO DE GENÓTIPOS DE VIGNA AO ESTRESSE HÍDRICO
VARIANDO O ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO**

THIAGO ANDERSON OLIVEIRA DE AZEVEDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPINA GRANDE

MARÇO, 2015

RECUPERAÇÃO DE GENÓTIPOS DE VIGNA AO ESTRESSE HÍDRICO VARIANDO O ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO

THIAGO ANDERSON OLIVEIRA DE AZEVEDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPINA GRANDE

MARÇO, 2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

A994r Azevedo, Thiago Anderson Oliveira de.
Recuperação de genótipos de *Vigna* ao estresse hídrico variando o estágio de desenvolvimento [manuscrito] / Thiago Anderson Oliveira de Azevedo. - 2015.
101 p. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2015.
"Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".

1. Cultivo de feijão. 2. Deficiência hídrica. 3. *Vigna unguiculata*. I. Título.

21. ed. CDD 635.652

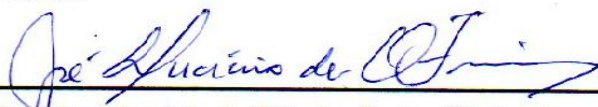
RECUPERAÇÃO DE GENÓTIPOS DE VIGNA AO ESTRESSE HÍDRICO VARIANDO O ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO

THIAGO ANDERSON OLIVEIRA DE AZEVEDO


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em 30 de Março de 2015

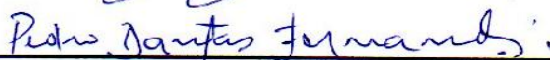
Banca Examinadora:



Prof. José Lucínio de Oliveira Freire (D. Sc., Agronomia) – IFPB



Prof. Josemir Moura Maia (D. Sc., Bioquímica) – UEPB



Prof. Pedro Dantas Fernandes (D. Sc., Fitotecnia) – UEPB

Orientador

A Deus, minha esposa Girlânia, meu filho Thyanderson, a meus pais Judas Tadeu e Teresinha, aos meus irmãos Tamara, Tércio e Tayan, e a minha avó Maria de Lurdes.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e de todos, agradeço, primeiramente, ao meu Deus, autor da vida, sem o qual eu nada seria. Por sua proteção, dedicação e zelo como tem cuidado de mim durante toda a vida, agradeço também por toda sabedoria, fé e discernimento, que me proporcionou para enfrentar os desafios diários sempre em busca de dias melhores;

Aos meus pais, Tadeu e Teresinha que durante toda minha vida não mediram esforços para me proporcionar uma boa educação; pelas primeiras lições e exemplos de honestidade, perseverança, humildade e fé e por sempre me incentivar na constante busca pelo saber;

Aos meus irmãos Tamara, Tércio e Tayan, pelo incentivo e pelos eternos laços de amizade;

Aos queridos Djalma e Terezinha, que sempre me auxiliaram nesta trajetória acadêmica;

Em especial, agradeço à minha esposa Gírlânia e meu filho Thyanderson, fundamentais em todos os momentos, apoiando-me e tendo paciência e compreensão nas horas mais difíceis;

Ao meu orientador e amigo o professor Pedro Dantas Fernandes, MUITO OBRIGADO por tudo, pelos incentivos, pela aprendizagem diária, pela disposição em me orientar, contribuindo substancialmente para meu crescimento profissional e pessoal, agradeço também pela confiança e por acreditar no meu trabalho;

Aos professores do Mestrado em Ciências Agrárias: Germano Vêras, Josemir M. Maia, Alberto Soares de Melo, Carlos Henrique S. G Meneses, Roseane C. dos Santos e Liziane Maria, pelos ensinamentos passados durante o período das disciplinas.

A todos os professores que em algum momento da vida contribuíram para minha formação.

A todos os amigos e funcionários do Campus I da UEPB, Campina Grande.

À Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, sempre apoiando e incentivando no que for preciso nos Programas de Pós-graduação.

O secretário do Mestrado em Ciências Agrárias Danilo Cavalcante que sempre atendia às minhas solicitações.

À Universidade Estadual da Paraíba e à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela aprendizagem e oportunidade de realização do curso.

À toda equipe do viveiro de produção de mudas da UEPB pela presteza durante a realização da pesquisa; à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Algodão) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À banca examinadora, pela disponibilidade como também pelas contribuições propostas para melhoria do referido trabalho.

Aos meus amigos (as) da pós graduação Luanna, Ciro, Gean, Ingredy, Wellison, Ana Ligia, Suziane, Geisenilma, Jean, Isaías e Adriana pela amizade, paciência, companheirismo e bom humor durante o mestrado;

Aos amigos Janivan, Mariana, Bruna, Adriano, Barbara, Felipe, Adalberto e a todos que conviveram comigo na UEPB, pelos momentos de trabalho, alegria, colaboração e companheirismo;

Enfim a todos os meus amigos e familiares que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“Tudo posso Naquele que me fortalece”

Filipenses 4: 13

SUMÁRIO

RESUMO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 Aspectos botânicos, origem e distribuição da espécie	4
3.2 Ciclo fenológico e características morfológicas	5
3.3 Clima e solo	7
3.4 Importância socioeconômica	8
3.5 Resistência e adaptações ao estresse hídrico	8
3.6 Pré-embebição	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Localização do experimento.....	13
4.2 Recipientes e material de solo	14
4.3 Fatores em estudo, tratamentos e delineamento experimental.....	15
4.4 Caracterização dos genótipos.....	17
4.5 Semeadura e tratos culturais	18
4.6 Manejo de rega	18
4.7 Variáveis avaliadas.....	19
4.7.1 Germinação, crescimento e produção.....	19
4.7.2 Trocas gasosas	20
4.7.3 Fluorescência	21
4.7.4 Recuperação dos genótipos pós estresse	21
4.8 Análises estatísticas	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Germinação	23
5.2 Crescimento	27

5.2.1 Diâmetro do caule	27
5.2.2 Número de folhas	34
5.3 Trocas gasosas	37
5.4 Fluorescência	55
5.5 Componentes de produção.....	63
5.6 Recuperação dos genótipos pós estresse	75
6. CONCLUSÃO	77
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores dos atributos da análise química do material de solo utilizado para preenchimento dos lisímetros.....	15
Tabela 2. Características das cultivares de feijão Vigna, selecionadas e cedidas pela Embrapa Meio Norte, utilizadas na pesquisa.....	17
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis percentual de germinação (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de hipocótilo (HIP) e altura do epicótilo (EPI).....	23
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule (Dc) e número de folhas (Nf), cujos dados foram coletados aos 45 DAS.....	28
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as variáveis, diâmetro do caule das plantas (Dc) e número de folhas (Nf) cujos dados foram coletados aos 55, 65, 75 DAS.....	30
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as variáveis concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e eficiência instantânea do uso da água (EUA) cujos dados foram coletados aos 25 DAS.....	39
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as variáveis concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e eficiência instantânea do uso da água (EUA), cujos dados foram coletados aos 45 DAS.....	40
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para as variáveis concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e eficiência instantânea do uso da água (EUA), cujos dados foram coletados aos 60 DAS.....	41
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para as variáveis, Fluorescência inicial, máxima e variável (F0; Fm; Fv), e suas derivações (Fv/Fm; Fv/F0; F0/Fm), cujos dados foram coletados aos 40 DAS.....	56
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis, Fluorescência inicial, máxima e variável (F0; Fm; Fv), e suas derivações (Fv/Fm; Fv/F0; F0/Fm), cujos dados foram coletados aos 70 DAS.....	57
Tabela 11 - Resumo da análise de variância das variáveis massa seca das vagens, raízes, folhas, caule e sementes (MSVA; MSR; MSFO; MSC; MSSE) e massa seca da parte aérea (MSPA).....	65
Tabela 12 - Resumo da análise de variância das variáveis peso total e médio de vagem verde (PTVV; PMVV), peso total e médio de semente verde (PTSV; PMSV) e número de vagens por planta (NVP).....	66
Tabela 13 – Classificação dos genótipos de feijão Vigna submetidos a tratamento de pré-embebição de sementes, quanto à tolerância ao estresse hídrico.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão geral do local de realização do experimento.....	13
Figura 2. A - lisímetros de drenagem; B - sistema de drenagem.....	14
Figura 3. Sequencia de preenchimento dos lisímetros.....	15
Figura 4. Esquema da disposição dos blocos, das unidades experimentais e das subparcelas.....	17
Figura 5. Primórdios foliares de Vigna.....	19
Figura 6. Teste de médias para variável Percentual de emergência	24
Figura 7. Teste de médias para variável Índice de velocidade de emergência	24
Figura 8. Teste de médias para variável Altura do hipocótilo.....	25
Figura 9. Teste de médias para variável Altura do epicótilo.....	26
Figura 10. Teste de médias para variável Diâmetro do caule 45	29
Figura 11. Teste de médias para variável Diâmetro do caule 55.....	31
Figura 12. Teste de médias para variável Diâmetro do caule 65	32
Figura 13. Teste de médias para variável Diâmetro do caule 65.....	32
Figura 14. Teste de médias para variável Diâmetro do caule 75.....	33
Figura 15. Teste de médias para a variável Número de folhas 45.....	35
Figura 16. Teste de médias para a variável Número de folhas 55.....	35
Figura 17. Teste de médias para a variável Número de folhas 65.....	36
Figura 18. Teste de médias para a variável Número de folhas 75.....	37
Figura 19. Teste de médias para variável C_i aos 25 DAS.....	42
Figura 20. Teste de médias para a variável gs aos 25 DAS.....	43
Figura 21. Teste de médias para a variável A aos 25 DAS.....	44
Figura 22. Teste de médias para a variável EUA aos 25 DAS.....	44
Figura 23. Teste de médias para variável C_i aos 45 DAS.....	45
Figura 24. Teste de médias para a variável E aos 45 DAS.....	46
Figura 25. Teste de médias para a variável A aos 45 DAS.....	47

Figura 26. Teste de médias para a variável <i>EUA</i> aos 45 DAS.....	48
Figura 27. Teste de médias para variável <i>Ci</i> aos 60 DAS.....	49
Figura 28. Teste de médias para a variável <i>E</i> aos 60 DAS.....	50
Figura 29. Teste de médias para a variável <i>gs</i> aos 60 DAS.....	51
Figura 30. Teste de médias para a variável <i>A</i> aos 60 DAS.....	52
Figura 31. Teste de médias para a variável <i>EUA</i> aos 60 DAS.....	52
Figura 32. Teste de médias para a variável <i>Fv/Fm</i> aos 40 DAS.....	58
Figura 33. Teste de médias para a variável <i>Fv/F0</i> aos 40 DAS.....	59
Figura 34. Teste de médias para a variável <i>F0/Fm</i> aos 40 DAS.....	60
Figura 35. Teste de médias para a variável <i>Fv/Fm</i> aos 70 DAS.....	61
Figura 36. Teste de médias para a variável <i>Fv/F0</i> aos 70 DAS.....	61
Figura 37. Teste de médias para a variável <i>F0/Fm</i> aos 70 DAS.....	62
Figura 38. Teste de médias para a variável <i>MSVA</i>	67
Figura 39. Teste de médias para a variável <i>MSR</i>	68
Figura 40. Teste de médias para a variável <i>MSFO</i>	68
Figura 41. Teste de médias para a variável <i>MSC</i>	69
Figura 42. Teste de médias para a variável <i>MSSE</i>	70
Figura 43. Teste de médias para a variável <i>MSPA</i>	71
Figura 44. Teste de médias para a variável <i>PTVV</i>	72
Figura 45. Teste de médias para a variável <i>PMVV</i>	72
Figura 46. Teste de médias para a variável <i>PTSV</i>	73
Figura 47. Teste de médias para a variável <i>PMSV</i>	73
Figura 48. Teste de médias para a variável <i>NVP</i>	74

RESUMO

AZEVEDO, THIAGO ANDERSON OLIVEIRA DE M.Sc., Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, Março de 2015. **Recuperação de genótipos de Vigna ao estresse hídrico variando o estágio de desenvolvimento.** Campina Grande, PB, 2015. 101 p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Agrárias). Orientador: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.

O feijão Vigna é cultivado em todo o Nordeste brasileiro, sendo uma importante fonte de alimento para a população. No semiárido, é uma das culturas mais relevantes, principalmente, em cultivos da agricultura familiar. Por sua importância socioeconômica e necessidade de pesquisas, foi realizado este trabalho, objetivando-se avaliar componentes de crescimento, desenvolvimento e de produção de quatro genótipos de feijão Vigna. As plantas foram cultivadas em lisímetros de drenagem, submetidas a práticas de manejo de irrigação, em fases distintas do ciclo fenológico, variando as condições de pré-embebição das sementes, avaliando-se, também, o grau de recuperação das plantas, após cessado o fator de estresse. Genótipos: G₁ - BRS Itaim; G₂ – BRS Cauamé; G₃ - BRS Guariba; G₄ - BRS Pajeú. Manejos de regas: M₁ – irrigação plena, durante todo o ciclo das plantas; M₂ – suplementação hídrica plena, até a fase V3, quando foi suspensa a irrigação, até o surgimento do primeiro botão floral, voltando-se a irrigar até o final do ciclo; M₃ – suplementação hídrica plena, até a fase R2, quando foi suspenso o fornecimento de água, por 20 dias, voltando-se a irrigar até o final do ciclo. Pré-embebição de sementes: E₀ – sem embebição; E₁ - embebição em água durante 8 horas, com semeadura em seguida; E₂ - embebição durante 8 horas, seguida de secagem à sombra por 3 horas, com semeadura em seguida. Fatorialmente combinados os fatores, resultaram em 36 tratamentos, em parcelas subdivididas, com 4 repetições, sendo a parcela constituída de um lisímetro. Na parcela foram distribuídos os genótipos (G) e os manejos de regas (M) e nas subparcelas as condições de pré-embebição (E). Avaliaram-se variáveis de germinação, crescimento, fisiológicas e de produção e grau de recuperação dos genótipos ao estresse hídrico. Os tratamentos de pré-embebição não influenciaram as variáveis de germinação e de emergência. O comprimento do hipocótilo e do epicótilo também não foram influenciados pelos tratamentos de pré-embebição. Nas variáveis de crescimento há uma tendência de destaque da cv. BRS Cauamé. Os danos do estresse hídrico são mais evidentes nas trocas

gasosas (transpiração e fotossíntese), constituindo-se, tais variáveis, uma ferramenta útil na avaliação dos efeitos do estresse hídrico em *Vigna*. Houve dano ao fotossistema II, provocado pelo déficit hídrico. Os componentes de produção e de massa seca foram mais afetados por estresse na fase reprodutiva. O genótipo 'BRS Pajeú' é o mais tolerante ao estresse hídrico e o 'Guariba' é o mais sensível, principalmente em situações de falta d'água.

Palavras-Chave: deficiência hídrica, *Vigna unguiculata*, tolerância à seca, pré-embebição

ABSTRACT

AZEVEDO, THIAGO ANDERSON OLIVEIRA DE M.Sc., State University of Paraíba/Embrapa Cotton, March 2015. **Recovery of Vigna genotypes to water stress by varying stage of development.** Campina Grande, PB, 2015. 101 p. Dissertation (Graduate Agricultural Sciences). Major professor Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.

The bean *Vigna* is cultivated in the Brazilian Northeast, being an important source of food for the population. In the semiarid region, *Vigna* is one of the most important crops, mainly in cultivation by family farming. For its socioeconomic importance and need for research, this work was carried out, aiming to evaluate components of growth, development and production of four genotypes of the *Vigna* bean. The plants were grown in drainage lysimeters submitted to managements practices in distinct phases of the phenological cycle, varying the conditions of pre-soaking of seeds, by evaluating the degree of plant recovery after ceased the stress factor. Genotypes: G1- BRS Itaim; G2 - BRS Cauamé; G3 - BRS Guariba; G4 - BRS Pajeú were used. Irrigation managements were: S0 - full irrigation throughout the cycle of the plants; S1- full water supplementation until the phase V3, when irrigation was suspended, until the appearance of the first flower bud, turning to irrigate until the end of the cycle; S2 - full water supplementation, until the phase R2, when the supply of water was suspended for 20 days, starting to irrigate again until the end of the cycle. Pre-soaking seeds: E0 - without soaking; E1- soaking in water during 8 hours, with sowing then; E2 - soaking during 8 hours followed by drying in the shade by 3 hours and then sowing. In factorial scheme, the factors resulted in 36 treatments, on split plot, with 4 replications. In plots were distributed the genotypes (G) and the managements of irrigation (S) and in sub plots the conditions of pre-soaking (E). Germination, growth, physiological and production variables and degree of recovery of the genotypes to water stress were evaluated. The treatment of pre-soaking did not affect the germination and emergency variables. The length of the hypocotyl and of the epicotyl were not influenced by the treatment of pre-soaking. The water stress damage is most evident in the gas exchange (transpiration and photosynthesis), and these variables are useful tools in evaluating the effects of stress of water in *Vigna*. There was damage to the photosystem II, caused by water deficit. The components of production and dry matter were more affected by

stress during the reproductive phase. The genotype `BRS Pajeu` is the most tolerant to water stress and the `Guariba` is the most sensitive one, especially in situations of water shortage.

Keywords: water stress, *vigna unguiculata*, drought tolerance, pre-soaking.

1. INTRODUÇÃO

O feijão *Vigna* [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma leguminosa de grande importância para a maior parte da população do Norte e Nordeste brasileiro, destacando-se como principal fonte de proteína na dieta das famílias, tanto por seu alto valor nutritivo, como por sua fácil adaptação a solos de baixa fertilidade e períodos de secas mais prolongadas, comuns na região. Nesse contexto, o feijoeiro faz parte da maioria dos sistemas produtivos de pequenos e médios agricultores, cuja produção é direcionada ao consumo familiar e à comercialização do excedente para sua subsistência (LEITE e VIRGENS FILHO, 2004; NASCIMENTO et al., 2011).

Espécies do gênero *Vigna* são cultivadas em todo o mundo, em uma ampla faixa ambiental, desde latitude 40° N até 30° S, tanto em terras altas como baixas, em países da África, Ásia, América Latina e América do Norte (RACHIE, 1985).

Tradicionalmente, é uma cultura típica do semiárido brasileiro, sendo cultivada principalmente, por agricultores familiares que têm na agricultura de sequeiro a principal forma de exploração das terras agricultáveis, sujeitas aos efeitos das estiagens e secas periódicas, o que torna a atividade agrícola de alto risco e baixo retorno econômico. Considerando-se esse cenário, fica claro que um dos fatores mais limitantes para a produção da cultura é a água, sendo de grande relevância, também, a utilização de cultivares mais adaptadas às condições de oscilação climática, típicas da região (LEITE e VIRGENS FILHO, 2004).

Alguns estudos, ao longo dos anos, vêm sendo realizados com o objetivo de melhorar a produção de espécies de feijão, em cultivos realizados no Nordeste. Dentre tais estudos, destacam-se os realizados por Leite e Virgens Filho (2004), ao pesquisarem os efeitos do estresse hídrico na produção de vagens de *Vigna* cv. EMEPA-281, em diferentes estádios do desenvolvimento. Mendes et al. (2007) também investigaram os efeitos das alterações na relação fonte-dreno em

feijão de corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), variando o estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva.

Trabalhando com *Phaseolus vulgaris*, Pimentel e Perez (2000) avaliaram parâmetros de tolerância à seca em 15 genótipos; Guimarães, Stone e Brunini (2006) investigaram a adaptação de genótipos de feijoeiro *Phaseolus* à seca, como suporte a programas de melhoramento, visando à obtenção de cultivares para regiões sujeitas à deficiência hídrica; Custódio, Salomão e Machado Neto (2009) avaliaram os efeitos de soluções osmóticas sobre o vigor de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), durante a germinação, sob estresse hídrico.

Tecnólogos de sementes definem germinação como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, sendo capazes de originar uma plântula normal sob condições ambientais favoráveis (VERDOLIN-BENEDITO, CURIEL e MORAES, 2012). No entanto, para ocorrer todo o processo, é necessário haver água para a reidratação da semente, que perdeu umidade por ocasião da maturação e secagem e, assim, inicie-se o processo de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 1980). Nesse contexto, a pré-embebição surge como alternativa para acelerar e até mesmo uniformizar a germinação das sementes (LIMA et al., 2013).

Estudos da pré-embebição de sementes de algumas espécies foram desenvolvidos com sucesso por alguns pesquisadores. De acordo com o Centro de Estudos para Zonas Áridas (CEZA, 2008), a pré-embebição de sementes tem sido citada como importante técnica para a produção de diversas culturas (sorgo, feijão, mungo, milho e trigo), em diferentes países (Paquistão, Zimbábwe e Índia), com terras em condições de semiaridez.

Mesmo já tendo sido realizadas pesquisas enfocando a tolerância de alguns genótipos de feijão *Vigna* e de *Phaseolus*, submetidos a tratamentos de pré-embebição e posterior estresse hídrico, há que se considerar os novos materiais genéticos lançados no mercado agrícola da região, todos os anos, sendo premente a necessidade de se investigar os respectivos graus de tolerância e de recuperação à seca.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

- Avaliar o grau de recuperação de quatro genótipos de feijão Vigna, submetidos à pré-embebição em água e a tratamentos de deficiência hídrica nas fases vegetativa e reprodutiva.

2.2. Objetivos específicos

- Mensurar as alterações nos parâmetros fisiológicos e de crescimento de feijoeiros Vigna, oriundos de plantas obtidas de sementes submetidas a condições diferentes de pré-embebição e a tratamentos de estresse hídrico;
- Avaliar o grau de recuperação e de tolerância das plantas de genótipos de feijoeiro Vigna, oriundas de condições variadas de pré-embebição de sementes e posterior estresse hídrico em estádios diferentes de seu desenvolvimento;
- Avaliar os componentes de produção de genótipos de feijão Vigna, submetidos à pré-embebição em água e posterior tratamento de estresse hídrico, variando a fase fenológica de sua ocorrência.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1. Aspectos botânicos, origem e distribuição da espécie

O feijão *Vigna*, também denominado feijão macaçar, feijão de corda ou feijão macassar é uma dicotiledônea, pertencente à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna* e a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Embora nas primeiras classificações tenha sido posto em outros gêneros, como *Phaseolus* e *Dolichos*, hoje sua colocação em *Vigna* é mundialmente aceita (SELLSCHOP, 1962; ONOFRE, 2008).

O gênero *Vigna* ocorre em regiões tropicais e subtropicais com ampla distribuição mundial. A grande maioria das espécies está na África, onde 66 delas são consideradas endêmicas. Isso sugere que o gênero *Vigna* deve ter sua evolução ligada a esse continente. Entre as espécies que ocorrem na África está a *V. unguiculata* (L.) Walp, havendo dúvidas sobre a localização do seu centro de origem. Acredita-se que o *Vigna* foi introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses, primeiramente nas colônias espanholas e em seguida no Brasil, provavelmente no estado da Bahia, de onde foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste e para outras regiões do país (WATT, 1978; FREIRE FILHO et al., 1981; FREIRE FILHO, 1988).

De acordo com Singh et al. (2002), o feijão *Vigna* ocupa uma área no mundo em torno de 12,5 milhões de ha, produzindo cerca de três milhões de toneladas por ano. Aproximadamente, 64% da área mundial (8 milhões de hectares) está localizada na parte Oeste e Central da África, sendo o restante na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo Sudoeste da Europa, Sudoeste dos Estados Unidos e Oceania.

No Brasil, a produção se concentra nas regiões Nordeste e Norte e, aos poucos, está se expandindo para a região Centro-Oeste, principalmente para o Estado de Mato Grosso. O cultivo nas regiões Nordeste e Norte é feita por agricultores familiares que ainda utilizam práticas

tradicionais. Na região Centro-Oeste, onde o cultivo passou a ser em larga escala, a partir de 2006, a produção provém, principalmente, de médios e grandes empresários que praticam uma lavoura altamente tecnificada. A participação dessa cultura na região Norte, em área cultivada e na produção, é pequena; entretanto, a produtividade é praticamente igual à média nacional. Na região Nordeste, o feijão Vigna tem uma grande participação na área cultivada, porém, tem uma participação relativamente modesta na produção da região, decorrente da baixa produtividade. Na região Centro-Oeste, onde começou a ser cultivado em larga escala em 2006, ainda tem uma participação pequena na produção da região; contudo, tem produtividade superior à média nacional e é uma importante alternativa para os arranjos produtivos da região, especialmente no cultivo de safrinha (FREIRE FILHO et al., 2011).

Em áreas das regiões Norte e Nordeste, em virtude das condições ambientais serem desfavoráveis ao feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*), predomina o cultivo de *V. unguiculata*, que é considerado uma planta rústica, adaptando-se às diferentes condições de clima e solo, sendo cultivado em regiões úmidas, subúmidas e semiáridas. Caracteriza-se por possuir uma excelente capacidade de adaptação à seca, embora essa capacidade varie entre as cultivares e os estádios de desenvolvimento (GWATHMEY e HALL, 1992).

3.2. Ciclo fenológico e características morfológicas

O feijão Vigna é uma planta herbácea anual, propagada por sementes, possui mecanismo de autofecundação e uma taxa muito baixa de alogamia ou fecundação cruzada (TEÓFILO et al., 1999), e as flores, completas, têm os órgãos masculinos e femininos bem protegidos pelas pétalas, em número de cinco, de coloração branca, amarela ou violeta (TEÓFILO et al., 2001). Apresenta dois tipos de hábitos de crescimento principais: o determinado e o indeterminado. No primeiro tipo, o caule produz um número limitado de nós e para de crescer quando emite uma inflorescência (ARAÚJO et al., 1981). Nas plantas de ramificação indeterminada, o caule continua crescendo e emitindo novos ramos secundários e gemas florais. Este tipo é o mais comumente cultivado no Brasil. Quanto ao porte da planta, existem quatro tipos principais que são: ereto, semiereto, semiprostado e o prostado (FREIRE FILHO et al., 2005).

Segundo Fuscaldi e Prad (2005) o desenvolvimento do feijoeiro compreende duas grandes fases distintas, denominadas de fase vegetativa e reprodutiva, diferenciadas entre si pela manifestação de diferentes eventos. Entretanto, percebe-se que mesmo o feijão Vigna sendo uma

cultura relativamente bem estudada, existe uma escassez de informações com relação as suas fases de desenvolvimento, possivelmente, devido ao fato de apresentar grande variabilidade genética para todos os caracteres e em especial para o porte da planta (CAMPOS et al., 2000).

Mafra (1979) propôs modelos teóricos para o desenvolvimento de cultivares de hábito de crescimento determinado, indeterminado e decumbente ou volúvel. Sendo este, possivelmente, o primeiro trabalho que tentou estabelecer uma escala de desenvolvimento para o feijão Vigna. Essas escalas são importantes porque permitem relacionar a necessidade de uma prática agrônômica ou a ocorrência de algum fator adverso com um determinado estágio de desenvolvimento da planta (CAMPOS et al., 2000). Segundo estes autores o ciclo do Vigna pode ser definido da seguinte forma:

Fase vegetativa:

V0 – Semeadura; V1 – Os cotilédones encontram-se emergidos na superfície do solo; V2 – As folhas unifolioladas encontram-se completamente abertas, suas duas margens estão completamente separadas; V3 – A primeira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V4 A segunda folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V5 A terceira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V6 – Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas; V7 – A primeira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta; V8 – A segunda folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta; V9 – A terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta.

Fase reprodutiva:

R1 – Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal; R2 – Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral; R3 – Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Esse estágio é caracterizado pelo início da mudança de coloração das vagens devido ao início da secagem das mesmas; R4 – Maturidade de 50% das vagens da planta; e R5 – Maturidade de 90% das vagens da planta.

Câmara (1997) relata que o tempo de duração entre os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, pode variar de acordo com a cultivar, temperatura, clima e época de semeadura, entre outros fatores.

De acordo com Paiva et al. (1972), quanto ao ciclo o Vigna pode ser classificado em: ciclo curto – quando a maturidade é atingida até 60 dias após a semeadura; ciclo médio – quando a maturidade é atingida entre 60 e 90 dias após a semeadura; e ciclo tardio – a maturidade é atingida após 90 dias da semeadura. Entretanto Freire Filho et al. (2000) fizeram as seguintes modificações: ciclo superprecoce – a maturidade é atingida até 60 dias após a semeadura; ciclo precoce – a maturidade é atingida entre 61 e 70 dias após a semeadura; ciclo médio – a maturidade é atingida entre 71 e 90 dias após a semeadura e ciclo tardio – a maturidade é atingida a partir de 91 dias após a semeadura.

3.3. Clima e solo

Conforme Andrade Junior et al. (2002), no Brasil poucos estudos de fisiologia têm sido realizados em feijão Vigna, visando avaliar efeitos de fatores climáticos na produção das plantas. De acordo com os autores, a maioria das informações é obtida em trabalhos realizados em outros países. No entanto, destacam que dentre os elementos de clima conhecidos, a precipitação, temperatura e o fotoperíodo são elementos que podem exercer influência sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A cultura não é muito exigente em altos volumes de pluviosidade, produzindo a contento com um mínimo de 300 mm, sem necessidade de utilização da prática da irrigação. As regiões cujas cotas pluviométricas oscilem entre 250 e 500 mm anuais são consideradas aptas para a implantação da cultura (ANDRADE JUNIOR et al., 2002).

Craufurd et al. (1996a, 1996b) fazem algumas considerações a respeito da temperatura ótima para produção de Vigna, situando-se na faixa entre 18 e 34 °C, dependendo do estágio fenológico das plantas. Para a germinação, a temperatura mínima varia de 8 a 11 °C, enquanto que no florescimento, não pode ser inferior a 8 - 10 °C.

Outro fator que exerce influência no crescimento e desenvolvimento do feijão Vigna é o fotoperíodo. Existem cultivares sensíveis e outras insensíveis ao fotoperíodo, cujo crescimento vegetativo, arquitetura da planta e desenvolvimento reprodutivo são principalmente determinados pela interação de genótipos com a duração do dia e temperaturas do ar (STEELE e MEHRA, 1980).

Quanto aos solos, Andrade Junior et al. (2002) relatam ser possível o cultivo de feijão Vigna em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos. De um modo geral,

desenvolve-se em solos com regular teor de matéria orgânica, soltos, leves e profundos, arejados e dotados de média a alta fertilidade. Entretanto, outros solos como Latossolos e Neossolos Quartzarenicos com baixa fertilidade podem ser utilizados, mediante aplicações de fertilizantes químicos e/ou orgânicos.

3.4. Importância socioeconômica

O feijão *Vigna* é de grande importância socioeconômica na atividade agrícola do Nordeste brasileiro e uma das principais fontes proteicas da alimentação de sua população. A planta é pouco exigente em fertilidade do solo e é capaz de fixar nitrogênio atmosférico, através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (ANDRADE JUNIOR et al., 2002).

Outros benefícios são apresentados por Freire Filho et al. (2005), além de ser uma excelente fonte de proteína, por conter todos os aminoácidos essenciais, é também, fonte de carboidratos, vitaminas, sais minerais, fibras dietéticas e contém baixo teor de gordura, podendo ser consumido em todas as faixas etárias da população. Em função do seu valor nutritivo, é cultivado, principalmente, para a produção de grãos verdes, sendo consumido *in natura*, na forma de conserva ou desidratado; também, é utilizado como adubo verde e na alimentação animal como forragem e ensilagem ou feno.

A área cultivada com feijão *Vigna* no Brasil é de aproximadamente 1 milhão de hectares dos quais cerca de 900 mil (90%) estão situados na região Nordeste (LIMA et al., 2007). A cultura é explorada, principalmente, por pequenos agricultores em regiões com altas incidências de seca e em sistema de sequeiro, utilizando baixa tecnologia em todo o processo produtivo da lavoura. A baixa produtividade da cultura, nas regiões de clima semiárido, está relacionada, diretamente, ao fato de os agricultores utilizarem cultivares tradicionais de porte enramador, de ciclo tardio e suscetíveis a pragas e doenças, bem como, às irregularidades pluviométricas (TEIXEIRA et al., 2006).

3.5. Resistência e adaptações ao estresse hídrico

A adaptação à falta d'água é considerada uma característica multigênica e existem diferenças na tolerância à seca entre genótipos de feijão (GWATHMEY e HALL, 1992; ISMAIL et al. 1994; PASSIOURA, 1997).

Para Subbarao et al. (1995), os principais mecanismos de adaptação na espécie são: o desenvolvimento do sistema radicular e alta condutividade hidráulica na raiz, para maximizar a captação de água; e o controle da abertura estomática e a redução da área foliar, para minimizar as perdas de água.

Leite e Virgens Filho (2004) destacam que na região semiárida brasileira, a ocorrência de secas caracterizadas, geralmente, pela escassez e má distribuição das chuvas, transforma a agricultura de sequeiro numa atividade de alto risco e de baixa renda. Tais condições evidenciam, desse modo, que a água se constitui em fator limitante e que do seu melhor aproveitamento, bem como da utilização de culturas mais adaptadas a essas condições, depende a produtividade e a renda dos produtores.

Kramer (1983), ao estudar o crescimento das plantas sob estresse hídrico, relata que a falta de água, normalmente, tem múltiplos efeitos sobre o metabolismo vegetal, como: redução fotossintética pelo fechamento dos estômatos, resultando a diminuição no suprimento de dióxido de carbono; redução da translocação de carboidratos e dos reguladores de crescimento, provocando distúrbios no metabolismo do nitrogênio. Esses efeitos, adicionados à redução na turgescência, reduzem o crescimento.

Sendo assim, pode-se afirmar que a produção de uma determinada planta é resultante de inúmeros processos fisiológicos, que embora sejam integrados apresentam individualidades quando interagem com o meio ambiente (SCALLOPI e SCARDUA, 1975).

O feijoeiro é considerado uma espécie com pouca tolerância a estresses hídricos severos, pois a capacidade de recuperação é baixa e o sistema radicular pouco desenvolvido. A desidratação celular, consequência da redução na absorção de água, inviabiliza os processos fisiológicos que comprometem os componentes do crescimento vegetal (PÁEZ et al., 1995; GUIMARÃES et al., 1996).

Para esta cultura, Guimarães e Zimmermann (1985) observaram que os genótipos mais resistentes à seca possuíam potenciais de água na folha mais altos e sistemas radiculares mais desenvolvidos no perfil do solo, de 20 a 60 cm de profundidade, em comparação com o suscetível.

Trabalhando com *Phaseolus vulgaris*, vários pesquisadores (KRAMER et al. 1995; SINGH, 1995; GUIMARÃES et al., 1996) observaram estar esta cultura em 93% dos cultivos em toda a América Latina, geralmente submetida à deficiência hídrica em parte de seu ciclo, por ser cultivada em condições de sequeiro por pequenos e médios agricultores. Os autores discutem,

ainda, a sensibilidade do feijoeiro ao estresse hídrico, enfatizando a sua baixa capacidade de recuperação e o seu sistema radicular pouco desenvolvido, além de salientar que a deficiência hídrica reduz a multiplicação e o alongamento celular, resultando em plantas menores, reduzindo a área foliar. A fase reprodutiva é a mais sensível à seca, diminuindo a área fotossinteticamente ativa, diminuindo a translocação de fotoassimilados para a formação e polinização das flores e abscisão dos órgãos reprodutivos.

Plantas sob deficiência hídrica têm, usualmente, sua área foliar e produção de matéria seca reduzidas (TURK et al. 1980; SINGH, 1989).

Trabalhando com plantas de feijão *Phaseolus*, Bonanno e Mack (1983) observaram o efeito de diferentes níveis de irrigação no desenvolvimento da cultura, e verificaram que a massa seca total de plantas e folhas, a área foliar, a área média por folha e o número de folhas por planta diminuíram com o aumento do déficit de água do solo.

Com base em dados obtidos por Brandes et al. (1973), os valores máximos da taxa de produção de matéria seca de plantas de *Phaseolus*, plantadas nas “águas”, foram mais de três vezes superiores aos valores registrados em período de “seca”.

Leite e Virgens Filho (2004) relatam em suas pesquisas que os efeitos negativos sobre o crescimento da cultura se acentuaram como resposta aos déficits hídricos de maior duração, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, resultando em progressiva redução da matéria seca total, de folhas, flores e frutos. Em condições de déficits hídricos mais prolongados, as plantas diminuíram acentuadamente seu crescimento, evidenciando um período de repouso fisiológico, porém com capacidade de retomar suas atividades após o final do período estressado. E, ainda, constataram que a recuperação da planta foi caracterizada por intensa emissão de novas folhas e botões florais, salientando sua aptidão para atravessar condições adversas. Foi observado, também que a duração do período estressado é mais importante do que a época de ocorrência do déficit hídrico.

3.6. Pré-embebição

Para haver sucesso na produção das culturas, as sementes devem germinar e as mudas emergirem de maneira rápida e uniforme, de forma que a água, a luz e os nutrientes, possam ser utilizados com o máximo de eficiência. Por outro lado, se as mudas emergirem de maneira desuniforme e lenta, estas terão desenvolvimento retardado e fraco, sendo facilmente danificadas

por pragas e doenças, refletindo-se na produtividade final da cultura (GUIMARÃES, DIAS e LOUREIRO, 2008). De um modo geral, os fisiologistas consideram a germinação como um fenômeno biológico onde acontece a retomada do crescimento do embrião, com o subsequente rompimento do tegumento pela radícula (NASSIF; VIEIRA; FERNANDES, 2008).

Mas, para que a semente chegue até o estágio de emissão radicular e todo processo germinativo possa ocorrer de maneira satisfatória, vários fatores ambientais devem ser observados, como luz, temperatura, umidade relativa do ar e disponibilidade de água, sendo este último fator considerado o de maior influência em todo processo. A maior disponibilidade na fase inicial pode acelerar a embebição das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A água exerce grande influência sobre o processo germinativo, sendo observado que, em sementes pré-embebidas, a germinação acontece de maneira mais rápida e uniforme (CASTRO e HILHORST, 2004).

Conforme Floss (2008), o método da embebição consiste na imersão prévia das sementes em água por um determinado tempo, até absorverem água em um nível que permita a ativação de eventos metabólicos essenciais à germinação. O processo de germinação se inicia e acelera à medida que as sementes são postas para embeber em água (SANTOS, 2007).

Para Guimarães et al. (2013), a embebição é a primeira de três fases que podem culminar na emergência da raiz. Nessa fase, o processo geralmente é rápido e ocorre em sementes vivas ou mortas. Quando as sementes estão mortas, o processo de germinação não evolui, verificando-se somente a embebição de seus tecidos internos. Em sementes fisiologicamente vivas, após a embebição (final da fase I de germinação) tem-se o início da fase II, também conhecida como reativação metabólica.

O processo de absorção de água se dá em duas fases. Na primeira, a quantidade de água é absorvida em função do tempo, dando um gráfico sigmoidal (descrito com excelente aproximação por uma equação autocatalítica). A segunda fase, de andamento linear, está ligada ao metabolismo da semente germinante (LABOURIAU, 1983).

O prolongamento no processo de reidratação, para além da primeira fase (embebição), pode acarretar injúrias às sementes devido à desorganização da membrana celular, principalmente quando armazenadas sob condições adversas ou durante períodos mais longos (LIN e FERRARI, 1992).

O estudo da pré-embebição de sementes de algumas espécies foi desenvolvido com sucesso por alguns pesquisadores (BEZERRA et al., 2006). De acordo com o Centro de Estudos para Zonas

Áridas (CEZA, 2008), a pré-embebição tem sido citada como importante técnica para a produção de diversas culturas (sorgo, feijão, mungo, milho e trigo), em diferentes países (Paquistão, Zimbábwe e Índia). Segundo relatos de produtores desses países, a pré-embebição das sementes dessas culturas proporcionou emergência uniforme, rápida e vigorosa, tendo até mesmo influenciado na época de colheita, em geral mais precoce, e na produtividade, em geral mais elevada (GUIMARÃES et al., 2013).

Pesquisas envolvendo embebição e posterior secagem também são relatadas por alguns autores, destacando-se dentre eles: Muminov (1975) e Muminov e Azinov (1975) verificaram em suas pesquisas que um simples tratamento de embebição e posterior secagem em sementes de melão provocaram melhoria no desenvolvimento e rendimento e redução na incidência de doenças; Peñaloza e Eira (1993) descrevem a técnica de hidratação-secagem como uma alternativa viável para a melhoria de qualidade fisiológica de lotes de sementes de tomate com médio vigor; Fernandes, Azevedo e Barros (1994), estudando o efeito da pré-embebição e posterior secagem ao ar, na sensibilidade ao estresse hídrico de sementes de quatro genótipos de feijão Vigna, concluíram que os tratamentos resultaram em maior rapidez da emergência, como também uma maior resistência ao déficit hídrico; Aragão et al.(2002) avaliaram alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão, submetidas a ciclos de hidratação-secagem, concluindo ao final da avaliação que as sementes submetidas a tratamentos de hidratação-secagem, têm maior disponibilidade de proteínas de reserva, em relação à testemunha e que a perda de seletividade da membrana para açúcares redutores, ocasionada pelos tratamentos de hidratação-secagem, não interfere na concentração de cátions e condutividade elétrica da solução ou na germinação e vigor das sementes tratadas; Guimarães et al. (2013) avaliaram períodos de pré-embebição de sementes de melancia em água e seus efeitos em características de crescimento e desenvolvimento de plântulas e concluíram, dentre outros resultados, que a pré-embebição por 12 h proporcionou maiores percentuais de emergência de plântulas de melancia, aos 12 DAS.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do experimento

A pesquisa foi realizada no Viveiro Experimental de Plantas da Universidade Estadual da Paraíba, (Figura 01) em Campina Grande – PB, localizado nas seguintes coordenadas: 07° 12' 42,99'' de latitude Sul, 35° 54' 36,27'' longitude Oeste, 521 metros de altitude no período de maio a agosto de 2014. As pesagens de fitomassa verde e seca foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia da UEPB (ECOLAB), localizado na Rua Juvêncio Arruda, s/n, Bairro Universitário, Campina Grande-PB.



Figura 1. Visão geral do local de realização do experimento. Viveiro de mudas da UEPB, Campina Grande – PB, 2014. Foto Thiago Anderson

O clima da região é do tipo Aw'i, segundo a classificação climática de Köppen, considerado como seco sub-úmido. O período chuvoso está situado entre os meses de março a

julho com precipitação pluviométrica em torno de 800 mm (1974-2004). A temperatura máxima média anual é de 28,7 °C e a mínima de 19,8 °C variando pouco ao longo do ano (SOUSA JÚNIOR, 2006).

4.2 Recipientes e material de solo

Para cultivo das plantas, foram utilizados lisímetros de drenagem, constituídos de caixas de polietileno, com capacidade de 310 litros e as seguintes dimensões: 54 cm de altura, abertura e base com 104 e 75 cm de diâmetro, respectivamente (Figura 2 A). Na base, foi instalado um sistema de drenagem, com registro para facilitar o escoamento do excesso de água quando necessário (Figura 2 B).



Figura 2. A - caixas utilizadas como lisímetros de drenagem; B - sistema de drenagem com registro para facilitar o escoamento da água. Viveiro de mudas UEPB, Campina Grande. Foto Thiago Anderson

Cada lisímetro foi preenchido com uma camada de brita miúda + areia, em sua base, até a altura de 10 cm, completados com material de solo franco-arenoso peneirado (Figura 3).



Figura 3. Sequencia de preenchimento dos lisímetros, primeiro a camada de brita miuda (A), seguida de uma camada de areia (B) e complemento com solo franco arenoso peneirado (C e D). Viveiro de mudas UEPB, Campina Grande. Foto Thiago Anderson

O material de solo utilizado para preenchimento dos lisímetros foi coletado nos primeiros 20 cm do horizonte A de um solo franco-arenoso, proveniente do município de Esperança - PB. Foram feitas as análises químicas no Laboratório de Solos da UFCG, cujos valores estão na Tabela 1.

Tabela 1. Valores dos atributos da análise química do material de solo utilizado para preenchimento dos lisímetros. Campina Grande/PB, 2015.

pH em H ₂ O	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K	N	M.O.
	----- (cmol _c dm ⁻³) -----				---- (mg dm ⁻³) ----	----- (%) -----		
5,10	0,00	2,20	1,50	0,70	*	31,00	0,12	1,69

*Resultado abaixo de 5 mg dm⁻³

4.3 Fatores em estudo, tratamentos e delineamento experimental

Foram estudados os fatores: genótipos (G) de *Vigna unguiculata*, pré-embebição de sementes (E) e manejos de regas (S), variando o estágio de desenvolvimento das plantas, cultivadas em lisímetros de drenagem.

Os genótipos utilizados nos estudos foram: G1 - BRS Itaim; G2 - BRS Cauamé; G3 - BRS Guariba e G4 - BRS Pajeú, sendo o primeiro de crescimento determinado e os três últimos de crescimento indeterminado (Tabela 2).

O fator pré-embebição constou de: E0 - sementes sem nenhum tipo de pré-embebição; E1 - sementes submetidas à embebição por 8 (oito) horas em água, sendo semeadas, logo em seguida; E2 - sementes embebidas durante 8 (oito) horas em água e, posteriormente, postas a secar à sombra por 3 (três) horas, ocorrendo o semeio após o término da secagem. Antes da embebição, as sementes passaram por uma prévia limpeza e tratamento de desinfecção com fungicida. Após este processo as sementes foram distribuídas sobre folha de papel toalha e organizadas em forma de rolo, umedecido com água.

Os manejos de regas constaram de: S0 – irrigação diária plena, durante todo o ciclo das plantas, objetivando manter o solo com a umidade equivalente ao nível da capacidade de campo (CC) até secagem das vagens; S1 – suplementação hídrica plena, até a fase V3 (fase em que a primeira folha trifoliolada estava com os folíolos separados e completamente abertos), quando foi suspenso o fornecimento de água, até surgimento do primeiro botão floral (caracterizando assim o estresse na fase vegetativa), voltando-se a irrigar até o final do ciclo; S2 – suplementação hídrica plena, até a fase R2 (antese da primeira flor), quando se suspendeu o fornecimento de água, por 20 (vinte) dias, voltando-se a irrigar até o final do ciclo.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso (DBC) e com parcelas subdivididas, com esquema fatorial 4 x 3, envolvendo os genótipos de feijão Vigna (G1, G2, G3, G4) e os três manejos de rega (S0, S1, S2), distribuídos nas parcelas principais, resultando em 12 tratamentos; o terceiro fator, pré-embebição (E0, E1 e E2), ficou disposto nas subparcelas, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída por um lisímetro de drenagem, subdividido em três subparcelas, cada uma contendo uma planta que receberam os tratamentos de pré-embebição (Figura 04).

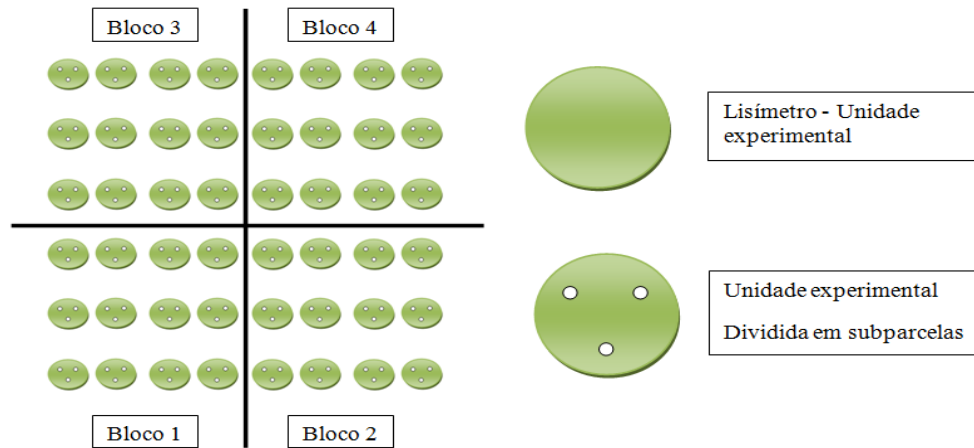


Figura 4. Esquema da disposição dos blocos, das unidades experimentais - (lisímetro de drenagem) e da divisão das unidades em subparcelas.

4.4 Caracterização dos genótipos (G)

A ‘BRS Itaim’ (G1) é uma cultivar de feijão com grãos tipo fradinho e bom nível de resistência a viroses; as cultivares ‘BRS Cauamé’ (G2) e ‘BRS Guariba (G3)’ são resistentes a acamamento; (G4) ‘BRS Pajeú’ é resistente a viroses. No Tabela 2, estão outras características dos genótipos de feijão.

Tabela 2. Características das cultivares de feijão Vigna, selecionadas e cedidas pela Embrapa Meio Norte, utilizadas na pesquisa.

Características	Cultivares			
	BRS Itaim	BR Cauamé	BRS Guariba	BRS Pajeú
Hábito de Crescimento	Determinado	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
Porte	Ereto	Semiereto	Semiereto	Semiprostrado
Nº de dias para floração	35	38	41	39
Cor da vagem seca	Amarela clara	Amarela clara	Roxa	Amarela
Comprimento médio da vagem	16 cm	17,2 cm	17,8 cm	21,4 cm
Nº médio de grãos por vagem	09	12	12	16
Ciclo	60 - 65 dias	65-70 dias	65-70 dias	70-75 dias
Peso médio de 100 sementes	23 g	17 g	19,5 g	21 g
Produtividade média	1.618 kg ha ⁻¹	1.024 kg ha ⁻¹	1.475 kg ha ⁻¹	1.109 kg ha ⁻¹

Adaptado: EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2015)

4.5 Semeadura e tratos culturais

Previamente à semeadura, houve desinfecção do solo com aplicação do fungicida à base de Chlorothalonil + Oxicloreto de cobre (Dacobre WP), na dose de 10,17 g para 200 litros de água, conforme orientação do fabricante, prevenindo-se o surgimento de fungos.

A semeadura foi realizada no dia 07/05/2014, em 3 covas por lisímetro, espacialmente equidistantes (5 sementes por cova), na profundidade de 2 cm; aos 7 dias após emergência das plântulas (DAE) foi realizado o primeiro desbaste deixando-se 2 plantas por cova, complementado com o segundo desbaste, 5 dias depois, deixando-se apenas uma planta por cova.

A adubação do solo foi feita segundo os dados de sua análise química e recomendações de adubação para o cultivo de feijão Vigna (ARAÚJO et al., 1984), aplicando-se 90,5 g de MAP e 39,25 g de KCl, divididos em duas aplicações, aos 15 e 45 DAE.

O controle das plantas espontâneas foi realizado manualmente, à medida que surgiam na superfície dos lisímetros; o controle de formigas foi realizado com aplicações pontuais de um produto a base de Sulfluramida (Formitol gel). Para controle da mosca branca foram utilizadas armadilhas de ‘garrafas pet’ pintadas de amarelo e mergulhada a superfície externa em óleo diesel; para controle do oídio, diariamente as partes infectadas pelo fungo eram lavadas com uma solução à base de calda de fumo e detergente neutro.

4.6 Manejos de rega

Com o objetivo de atender as necessidades hídricas das plantas e também os manejos de rega previstos na pesquisa, a irrigação foi realizada diariamente, com o auxílio de regadores para facilitar a aplicação uniforme da água na superfície do lisímetro. Em todo o período do experimento (80 dias), os drenos localizados na base dos lisímetros permaneceram abertos, favorecendo a drenagem natural do excesso de água aplicado, evitando, assim, o encharcamento do solo e diminuindo os riscos de proliferação de algumas pragas e doenças.



Figura 5. Primórdios foliares de *Vigna*, viveiro de mudas UEPB, Campina Grande.
Foto Luanna Filgueiras

4.7 Variáveis avaliadas

4.7.1 Germinação, crescimento e produção

Variáveis avaliadas, por planta: índice de velocidade de emergência (IVE); percentual de emergência (PE); diâmetro caulinar (Dc); número de folhas (Nf); número de vagens por planta (NVP); fitomassa seca de folhas, caules, raízes de vagens e de sementes (FSF, FSC, FSR, FSV e FSS); peso total e médio de vagens verdes (PTVV e PMVV); peso total e médio de sementes verdes (PTSV e PMSV).

Para obtenção do índice de velocidade de emergência (IVE), as emergidas foram contadas diariamente, do primeiro até o quinto dia do início da emergência, por genótipo e por pré-embebição. A percentagem de germinação (PG) foi calculada pela relação entre o número de plântulas emergidas na última contagem e a quantidade de sementes por cova; o índice de velocidade de emergência (IVE) foi obtido com base em dados relativos ao número de plântulas emergidas, diariamente, por parcela conforme Carvalho e Nakagawa (2000) (Equação 1). Na contagem de plântulas, observou-se como critério, o surgimento dos cotilédones na superfície do solo.

$$IVE = \frac{e_1}{N_1} + \frac{e_2}{N_2} + \dots + \frac{e_n}{N_n} \quad \dots \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: e_1, e_2, \dots, e_n – número de plântulas emergidas, na primeira, segunda e última (n) contagens; N_1, N_2, \dots, N_n – número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

O diâmetro caulinar (D_c) (mm) foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital a 1 cm acima da superfície do solo e na contagem do número de folhas (N_f) foram consideradas as totalmente expandidas e de coloração verde por planta. A primeira aferição do diâmetro caulinar e contagem de folhas foi realizada aos 45 DAS; a segunda ao término do período de estresse hídrico da fase vegetativa (S_1), aproximadamente 55 DAS; a terceira foi ao término do período de estresse hídrico da fase reprodutiva (S_2), aos 65 DAS, e a quarta avaliação ocorreu ao final do experimento, por ocasião da coleta das partes da planta para pesagem da fitomassa, 75 dias pós sementeira. Ressalta-se que na primeira avaliação (45 DAS) as plantas só tinham sido submetidas a dois tratamentos de estresse (S_0 e S_1) não sendo possível agrupá-la junto com as demais avaliações, já que nas demais (55, 65 e 75 DAS) as plantas já estavam sob os três tratamentos de estresse (S_0 , S_1 e S_2). Diante desse fato e para uma melhor compreensão dos dados optou-se por dividir as coletas em duas partes, a primeira referente aos 45 DAS e a segunda compreendendo as demais aferições e contagens (55, 65 e 75 DAS).

Após o início do estágio fenológico R3, fase em que começa a ocorrer a maturação das primeiras vagens, começou a colheita, com contagem diária do número de vagens por planta (NVP) e pesagem, para obtenção de peso total e médio de vagens verdes (PTVV e PMVV) e de sementes verdes (PTSV e PMSV).

Ao final, por volta de 80 DAS, as plantas foram coletadas e separadas em raízes, folhas, caules, e vagens os quais foram acondicionados em sacos de papel perfurados e colocados em estufa a 60 °C, para secagem até peso constante, além das partes das plantas todas as sementes que foram colhidas durante o experimento também foram submetidas ao mesmo procedimento; em seguida, procedeu-se a pesagem desse material em balança analítica (0,0001 g), obtendo-se a fitomassa seca da raiz (MSR), caule (MSC), folhas (MSF), vagens (MSV) e das sementes (MSSE). Com o somatório da massa seca de caules e folhas (ainda existentes nas plantas), obteve-se a fitomassa seca da parte aérea (MSPA), (MAGUIRE, 1962; BONFIM et al. 2012).

4.7.2 Trocas gasosas

Foram avaliadas as taxas de concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

$^2\text{s}^{-1}$), cujas leituras foram realizadas entre 8:00 e 10:00 h da manhã aos 25, 45 e 60 DAS, com o auxílio de um determinador de trocas gasosas portátil, contendo um analisador de gás infravermelho (IRGA), de sistema aberto, modelo LcPro da ADC (Bioscientific, England), com base em procedimentos descritos em Souza et al. (2011). De posse desses dados, foi estimada a eficiência instantânea no uso da água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] (NEVES et al., 2002; KONRAD et al., 2005). Essas determinações foram efetuadas na terceira folha do folíolo central, totalmente expandido, a partir do ápice (NOGUEIRA et al., 2001) e sem sinais de senescência ou herbivoria.

4.7.3 Fluorescência

As medidas de fluorescência da clorofila *a* foram obtidas utilizando-se de um fluorômetro portátil modulado OS5p (Opti-Sciences, Hudson, USA), verificando o rendimento quântico potencial do fotossistema II (FSII) (VAN KOOTEN & SNEL, 1990). Foram realizadas 2 (duas) avaliações, a primeira aos 40 DAS e a segunda aos 70 DAS, obtendo-se dados de fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v) e a eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m); foram obtidas, ainda, a partir desses dados, as relações F_v/F_0 e F_0/F_m (ZANANDREA et al., 2006; BAKER, 2008). Nas determinações foram usadas pinças apropriadas, instaladas na região mediana da primeira folha trifoliada, totalmente expandida, a partir do ápice.

4.7.4 Recuperação dos genótipos pós estresse

A classificação dos genótipos quanto à tolerância ao estresse, em cada nível de estresse hídrico aplicado, foi obtida pelo critério do rendimento relativo com base na redução relativa da produção de sementes (g por planta), obtidas nos níveis de estresse aplicados (S1 – estresse na fase vegetativa e S2 – estresse na fase reprodutiva) em relação à produção obtida nas plantas que não foram submetidas ao estresse (S0). Para tanto, adotaram-se as seguintes faixas de redução relativa da produção: Tolerante < 20%, moderadamente tolerante; de 21 a 40%, moderadamente suscetível; de 41 a 60% e suscetível, > 60%, adaptado de FAGERIA et al. (2010).

4.8 Análises estatísticas

Previamente às análises, observou-se não se distribuírem os dados em uma curva de normalidade (distribuição normal), requerendo transformação, o que foi conseguido com a raiz

quadrada (\sqrt{x}) para os valores de germinação, crescimento, fluorescência, produção e trocas gasosas; os de condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e massa seca da parte aérea (MSPA) foram tratados com transformações logarítmicas (Log x). Após transformação, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F a 5% de probabilidade), com comparação de médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR (FERREIRA, 2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Germinação

Nas variáveis de germinação, não houve efeito significativo dos fatores em estudo, nem da interação entre eles, sobre percentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE). Ao contrário, o crescimento do hipocótilo e o do epicótilo variaram entre genótipos (G), mas, sem haver diferença entre os tratamentos de embebição E, nem na interação entre G x E (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis percentual de germinação (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de hipocótilo (HIP) e altura do epicótilo (EPI), de genótipos de *Vigna* submetidos à pré-embebição. Campina Grande 2015.

FV	GL	Quadrado Médio ¹			
		PE	IVE	HIP	EPI
Bloco	3	3,224098 ^{ns}	0,012381 ^{ns}	0,198976**	0,684566*
Genótipos (G)	3	1,712573 ^{ns}	0,019357 ^{ns}	0,228427**	2,234669**
Erro 1	9	3,047642	0,021002	0,016293	0,160295
Embebição (E)	2	5,363613 ^{ns}	0,053196 ^{ns}	0,003355 ^{ns}	0,051377 ^{ns}
E x G	6	1,220727 ^{ns}	0,005847 ^{ns}	0,025995 ^{ns}	0,067872 ^{ns}
Erro 2	120	2,652391	0,017154	0,041616	0,131811
CV 1 (%)	-----	18,93	10,52	6,10	10,45
CV 2 (%)	-----	17,66	9,51	9,75	9,47
Média geral	-----	9,2215865	1,3772602	2,0916742	3,8324930

FV – Fonte de Variação; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de variação;
ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F

¹Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

Portanto, os tratamentos de pré-embebição não influenciaram o percentual de emergência (PE) (Figura 6), nem o índice de velocidade de emergência (IVE) (Figura 7), considerando o fator isoladamente ou em interação com o genótipo.

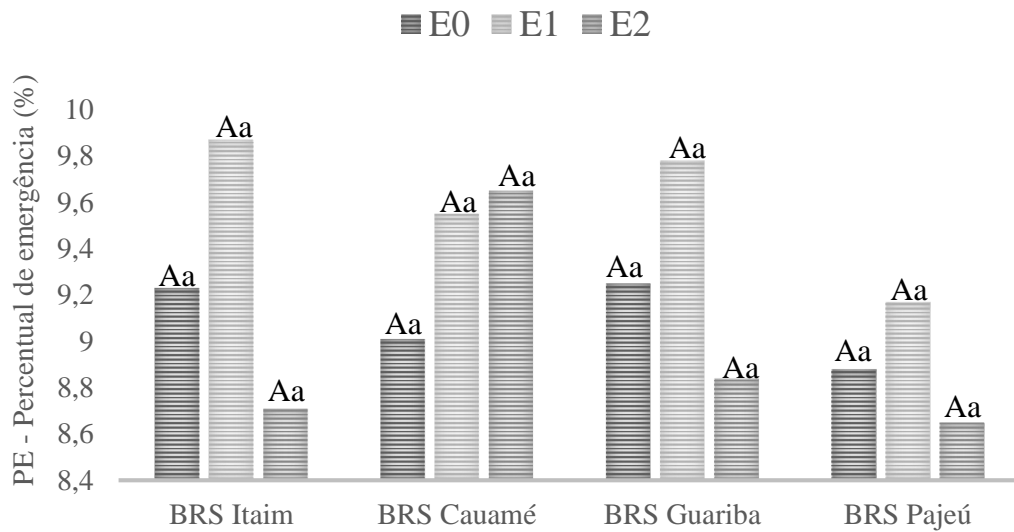


Figura 6. Teste de médias para interação E x G na variável percentual de emergência de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$). E0 – Sem embebição; E1 – embebição; E2 – embebição + secagem. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), não diferem entre si os histogramas com mesma letra maiúscula entre os tratamentos de pré-embebição no mesmo genótipo; idem para letra minúscula, ao se comparar os genótipos no mesmo tratamento de embebição.

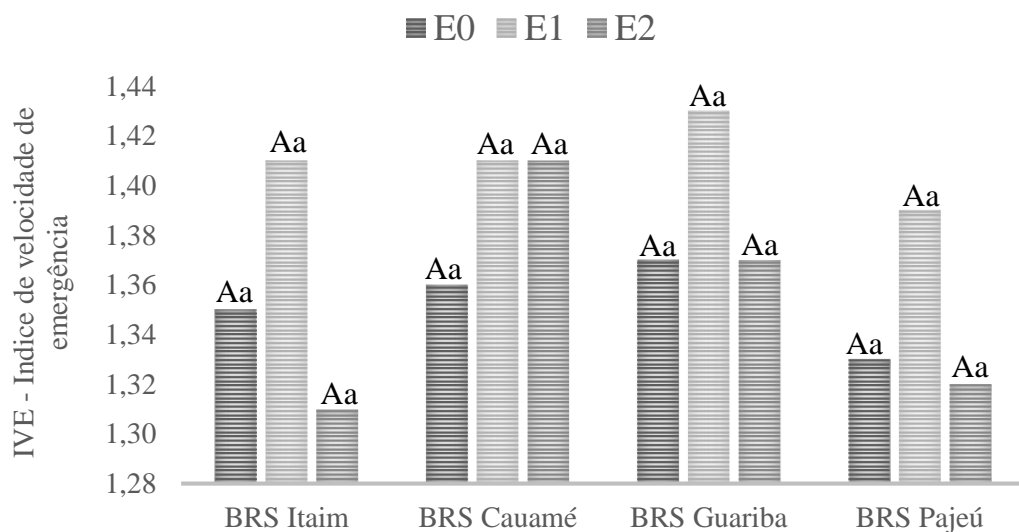


Figura 7. Teste de médias para interação E x G na variável Índice de velocidade de emergência de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$). E0 – Sem embebição; E1 – embebição; E2 – embebição + secagem. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), não diferem entre si os histogramas com mesma letra maiúscula entre os tratamentos de pré-embebição no mesmo genótipo; idem para letra minúscula, ao se comparar os genótipos no mesmo tratamento de embebição.

Resultado similar foi verificado por Aragão et al. (2002), trabalhando com ciclos de hidratação e secagem em sementes de *Phaseolus* da cultivar Carioca, sem haver diferença significativa entre os tratamentos sobre a germinação das sementes. Entretanto, estes resultados divergem dos encontrados por outros pesquisadores, a exemplo de Fernandes, Azevedo e Barros (1994), que, estudando o efeito da pré-embebição de sementes e posterior secagem ao ar, na sensibilidade ao estresse hídrico de sementes de quatro genótipos de feijão Vigna, observaram eficiência do tratamento, proporcionando maior rapidez da emergência; fato similar foi verificado em sementes de melancia por Guimarães et al. (2013), ao relataram que a pré-embebição de sementes por 12 h proporcionou maiores percentuais de emergência de plântulas.

As diferenças significativas verificadas nas variáveis HIP e EPI são evidências de variar o crescimento das partes da plântula, entre os genótipos, possivelmente decorrente de sua carga genética. Mesmo não sendo significativa a interação, decidiu-se analisar as diferenças entre genótipos em função dos tratamentos de pré-embebição, com dados expostos nas Figuras 8 (hipocótilo) e 9 (epicótilo).

As plântulas da cv. BRS Guariba tenderam a crescer mais em altura do hipocótilo, entretanto, não diferindo estatisticamente das cvs. Itaim e Cauamé (Figura 8), enquanto as de ‘BRS Itaim’ foram destaque na altura do epicótilo, não diferindo estatisticamente do ‘BRS Cauamé’ e ‘Guariba’ (Figura 9). Em ambos os casos os menores valores de HIP e EPI foram mensurados na cultivar BRS Pajeú.

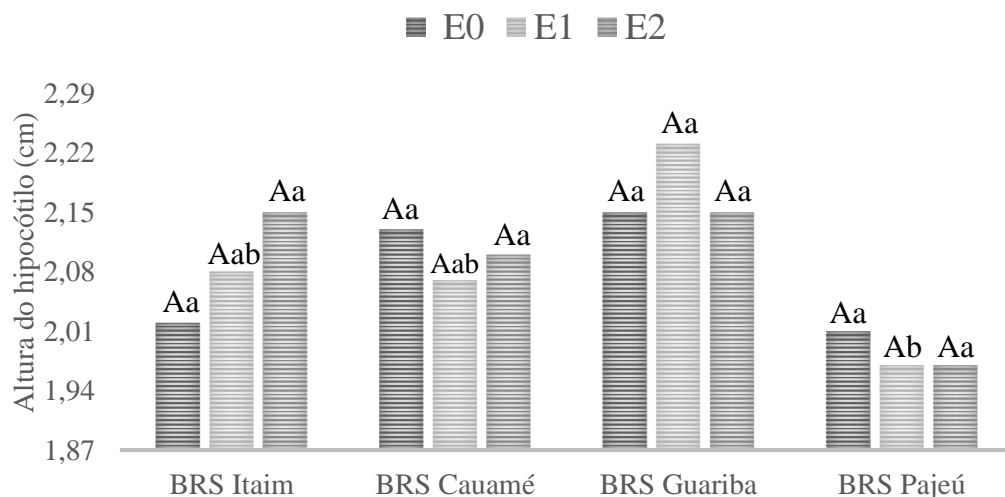


Figura 8. Teste de médias para interação G x E na variável altura do hipocótilo de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$). E0 – Sem embebição; E1 – embebição; E2 – embebição + secagem. Pelo teste de Tukey

($p < 0,05$), não diferem entre si os histogramas com mesma letra maiúscula entre os tratamentos de pré-embebição no mesmo genótipo; idem para letra minúscula, ao se comparar os genótipos no mesmo tratamento de embebição.

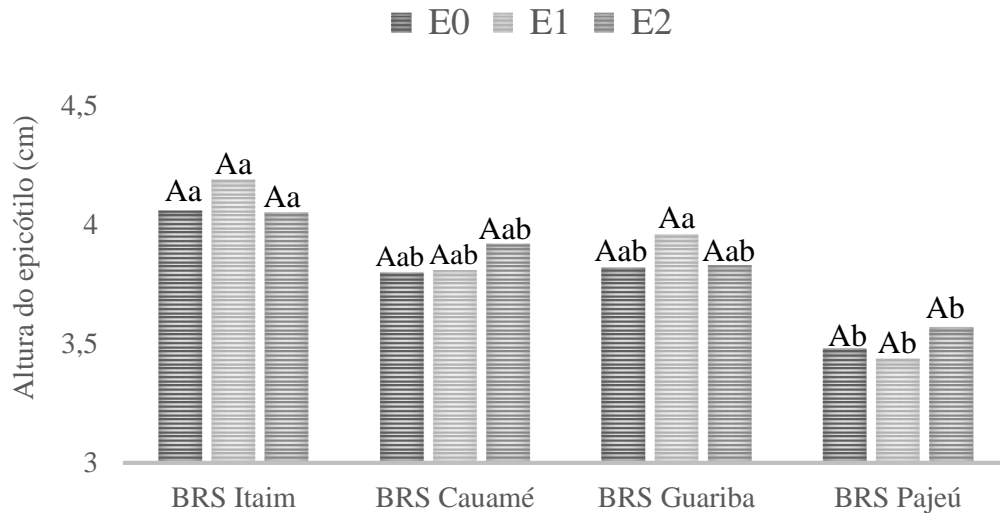


Figura 9. Teste de médias para interação G x E na variável altura do epicótilo de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$). E0 – Sem embebição; E1 – embebição; E2 – embebição + secagem. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), não diferem entre si os histogramas com mesma letra maiúscula entre os tratamentos de pré-embebição no mesmo genótipo; idem para letra minúscula, ao se comparar os genótipos no mesmo tratamento de embebição.

Na altura do hipocótilo, não foram constatadas diferenças significativas entre os genótipos ‘BRS Itaim’, ‘Cauamé’ e ‘Guariba’, como também não foram observadas diferenças entre os tratamentos de embebição aplicados, com exceção da cv. ‘Pajeú’, sob pré-tratamento das sementes (E1). No genótipo ‘BRS Guariba’, a média da altura do hipocótilo foi de 2,23 cm, e o menor valor foi observado em ‘BRS Pajeú’, 1,97 cm (Figura 8), isso quando submetido ao tratamento E1. Em relação à altura do epicótilo (Figura 9), observa-se também diferença significativa entre os genótipos, para o tratamento E1, tendo a maior média o genótipo ‘BRS Itaim’ (4,19 cm), contudo, não diferindo estatisticamente do ‘BRS Cauamé’ e ‘Guariba’ e a menor média no genótipo ‘BRS Pajeú’, com 3,44 cm. Nas demais embebições E0 (sem embebição) e E2 (embebição + secagem), cresceu mais o epicótilo de ‘BRS Itaim’ (4,06 e 4,05 cm), entretanto, não diferindo também, do ‘BRS Cauamé’ e ‘Guariba’, enquanto que as menores médias de EPI foram observadas em ‘BRS Pajeú’ (3,48 e 3,57 cm).

O efeito positivo da embebição de sementes (HIP e EPI), principalmente E1 nas plântulas de ‘BRS Itaim’ e ‘BRS Guariba’, pode ser explicado por que as sementes, ao passarem por um

processo de pré-embebição, naturalmente iniciam o processo de germinação mais rapidamente, em comparação às que não passaram por tal processo. Esta afirmativa é comprovada por Carvalho e Nakagawa (2000), quando relatam que o primeiro fenômeno verificado na germinação é a absorção de água, processo eminentemente físico, que provoca nas sementes, o início dos processos metabólicos e decréscimo na resistência do tegumento, favorecendo a emissão da radícula.

O efeito negativo sobre o genótipo BRS Pajeú, pode estar relacionado com o tamanho da semente, por ser menor e, conseqüentemente, armazenar menor quantidade de substâncias de reserva. Vanzolini e Nakagawa (2007) relatam que, geralmente, as sementes menores germinam mais rapidamente, porém as maiores originam plântulas de maior tamanho e massa, pois de acordo com Carvalho e Nakagawa (2012) as sementes de maior tamanho geralmente foram mais bem nutridas durante o seu desenvolvimento, possuindo embriões bem formados e com maior quantidade de substâncias de reserva, originando, conseqüentemente, plântulas mais vigorosas. Tais afirmações foram comprovadas por Araújo Neto et al. (2014) que trabalhando com sementes de feijão Vigna cv. Nova Era de diferentes tamanhos, observaram ao final do experimento menor vigor nas plântulas oriundas das sementes menores (peneira 17 - 6,74 mm), em relação às maiores.

5.2 Crescimento

5.2.1 Diâmetro do caule

Para efeito de análise as coletas de dados de diâmetro do caule (Dc) e número de folhas (Nf) foram realizadas em fases diferentes, a primeira referente aos 45 DAS (Tabela 4) e a segunda compreendendo as demais datas de avaliação (55, 65 e 75 DAS) (Tabela 5). Tal divisão foi necessária porque na primeira coleta, apesar de as plantas terem sido originadas de sementes submetidas a diferentes tratamentos (E0 – sem pré-embebição; E1 - pré-embebição; E2 - pré-embebição + secagem) só tinham sido submetidas a dois tratamentos de estresse (S0 – sem estresse e S1 – estresse na fase vegetativa). Por tal fato, são diferentes as fontes de variação na ANAVA, alterando os graus de liberdade requerendo tabelas diferentes.

Aos 45 DAS variou, significativamente, o diâmetro caulinar das plantas entre os genótipos, sendo afetado, também, pelos tratamentos de estresse hídrico. Os efeitos entre eles não foram interativos, isto é, as diferenças de diâmetro, constatadas entre genótipos, não dependeram dos tratamentos de estresse a que foram submetidas as plantas (Tabela 4). Em relação ao número de

folhas, nessa mesma data, foram significativos o fator Embebição (E) e a interação entre Embebição x Estresse (E x S).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule (Dc) e número de folhas (Nf), cujos dados foram coletados aos 45 DAS, de genótipos de Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015.

FV	GL	Quadrado Médio ¹	
		Dc 45	Nf 45
Bloco	3	0,252571*	2,807997*
Genótipos (G)	3	0,275319*	0,335451 ^{ns}
Estresse (S)	1	0,364554*	0,324139 ^{ns}
G x S	3	0,013422 ^{ns}	0,052024 ^{ns}
Erro 1	9	0,049920	0,721808
Embebição (E)	2	0,017315 ^{ns}	0,818913*
E x G	6	0,057953 ^{ns}	0,199083 ^{ns}
E x S	2	0,088951 ^{ns}	0,969651*
E x G x S	6	0,017357 ^{ns}	0,226103 ^{ns}
Erro 2	60	0,041163	0,240626
CV 1 (%)	-----	7,14	21,88
CV 2 (%)	-----	6,48	12,63
Média geral	-----	3,1297931	3,8837635

FV – Fonte de Variação; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F

¹Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$.

Os valores médios de Dc 45 estão na Figura 10, notando-se ter sido favorecido o crescimento das plantas, em diâmetro, quando houve pré-embebição, seguida de secagem (E2), sem distinção entre os genótipos. Sem embebição de sementes e sem estresse, houve tendência de maior crescimento das plantas em diâmetro da cv. BRS Cauamé, repetindo-se em todos os tratamentos.

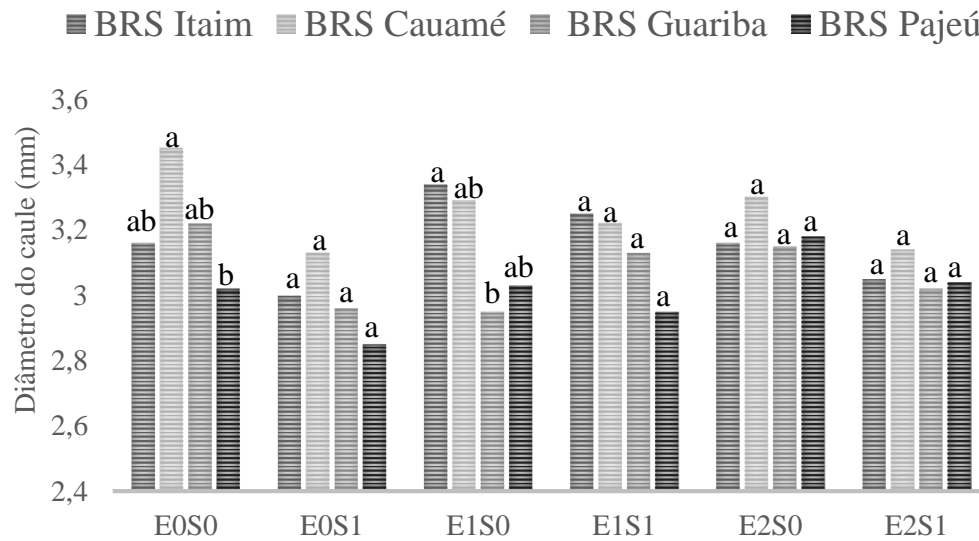


Figura 10. Teste de médias da interação tripla G x E x S para variável Dc 45 (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S).

E0S0 = Sem embebição e sem estresse (testemunha); E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

O resumo da análise de variância dos dados de diâmetro caulinar e número de folhas, nas avaliações realizadas no restante do ciclo, está na Tabela 5. Houve diferença significativa ($p < 0,01$) para o fator genótipo (G) de forma isolada nas variáveis Dc 55, Dc 65, Dc 75 e Nf 55 e, para o fator estresse (S), de forma isolada nas variáveis Nf 55 e Nf 65 ($p < 0,05$). No caso de G, variou o diâmetro das plantas entre os genótipos, nas três outras avaliações, como já havia sido constatado na primeira mensuração. O número de folhas, ao contrário, só foi significativo entre os genótipos, na avaliação realizada aos 55 DAS, portanto, sem diferença entre eles na emissão foliar.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as variáveis, diâmetro do caule das plantas (Dc) e número de folhas (Nf) cujos dados foram coletados aos 55, 65, 75 DAS, de genótipos de *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva.

FV	GL	Quadrado Médio ¹					
		Dc 55	Dc 65	Dc 75	Nf 55	Nf 65	Nf 75
Bloco	3	0,030447 ^{ns}	0,021364 ^{ns}	0,029815 ^{ns}	1,052615 ^{ns}	0,736088 ^{ns}	1,894395 ^{ns}
Genótipos (G)	3	0,481581 ^{**}	0,547428 ^{**}	0,444741 ^{**}	3,494660 ^{**}	2,121765 ^{ns}	2,297203 ^{ns}
Estresse (S)	2	0,168490 ^{ns}	0,124603 ^{ns}	0,085691 ^{ns}	2,814764 [*]	7,146785 [*]	2,436739 ^{ns}
G x S	6	0,034705 ^{ns}	0,029383 ^{ns}	0,039485 ^{ns}	0,618638 ^{ns}	1,194486 ^{ns}	1,135703 ^{ns}
Erro 1	18	0,053870	0,059594	0,057916	0,593183	1,391085	0,799650
Embebição (E)	2	0,023229 ^{ns}	0,025347 ^{ns}	0,027113 ^{ns}	1,089382 ^{ns}	0,769252 ^{ns}	0,365728 ^{ns}
E x G	6	0,022297 ^{ns}	0,010062 ^{ns}	0,023761 ^{ns}	0,488806 ^{ns}	0,171779 ^{ns}	0,115308 ^{ns}
E x S	4	0,009438 ^{ns}	0,001553 ^{ns}	0,012675 ^{ns}	0,616456 ^{ns}	0,320195 ^{ns}	0,383961 ^{ns}
E x G x S	12	0,055656 ^{ns}	0,059815 ^{ns}	0,049908 ^{ns}	0,318576 ^{ns}	0,323985 ^{ns}	0,239458 ^{ns}
Erro 2	87	0,051117	0,057462	0,061459	0,585345	0,512725	0,447012
CV 1 (%)	---	6,70	7,01	6,86	16,55	26,48	22,49
CV 2 (%)	---	6,53	6,88	7,06	16,44	16,08	16,81
Média geral	---	3,4646889	3,4844109	3,5102353	4,6532651	4,4539165	3,9761626

FV – Fonte de Variação; GL – Grau de Liberdade; CV - Coeficiente de variação;
ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

¹ Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$.

Mesmo não sendo significativa a interação, decidiu-se analisar se há diferença entre genótipos, em função dos tratamentos de pré-embebição e de estresse aplicados, por terem ocorrido casos de efeito significativo, em algumas fontes de variação (Tabelas 4 e 5). Ao se desdobrar os graus de liberdade do resíduo, observou-se a existência de interações triplas na maioria das variáveis, com exceção de Dc 65, em que foram constatadas apenas interações simples. Os dados estão representados, graficamente, nas Figuras 11, 12, 13 e 14.

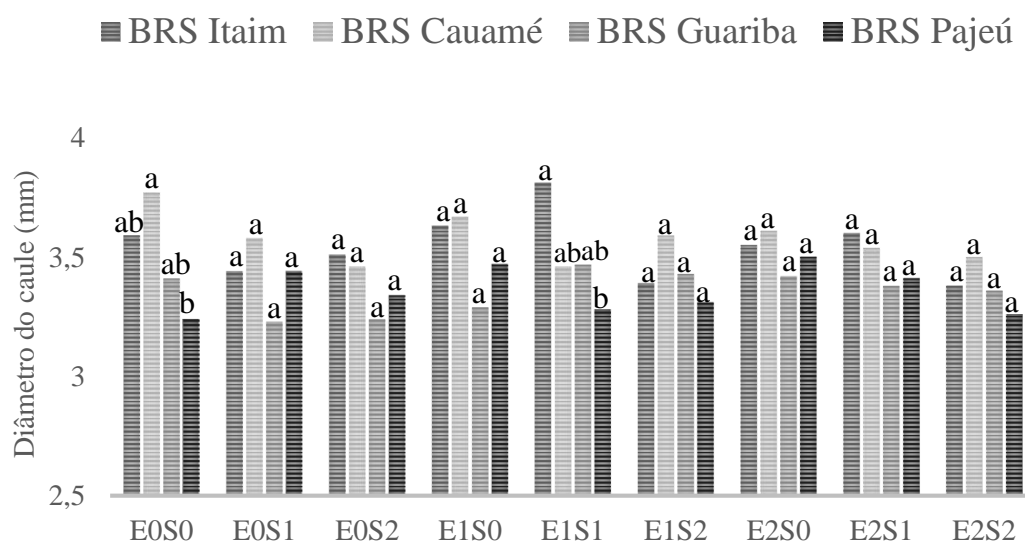


Figura 11. Teste de médias da interação tripla G x E x S para variável Dc 55 (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S).

E0S0 = Sem embebição e sem estresse (testemunha); E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

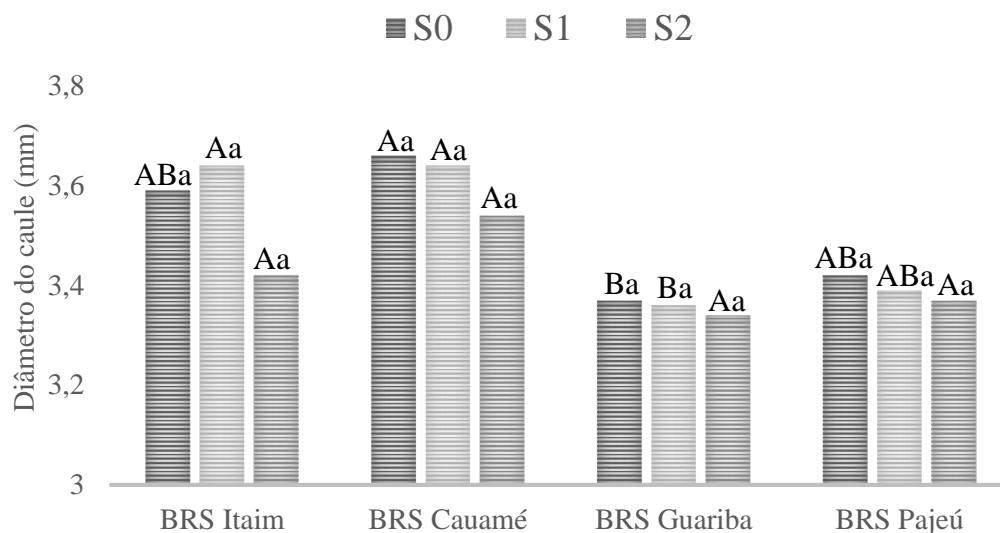


Figura 12. Teste de médias da interação G x S para variável Dc 65 (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), não diferem entre si os histogramas com mesma letra maiúscula entre genótipos no mesmo tratamento de estresse; idem para letra minúscula, ao se comparar os tratamentos de estresse no mesmo genótipo.

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva

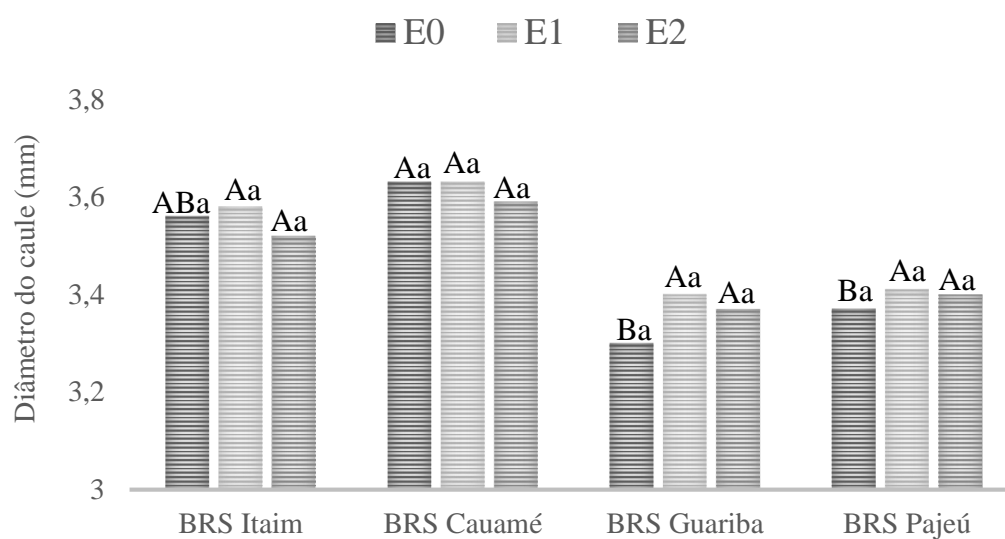


Figura 13. Teste de médias da interação G x E para variável Dc 65 (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), não diferem entre si os histogramas com mesma letra maiúscula entre genótipos no mesmo tratamentos de pré-embebição; idem para letra minúscula, ao se comparar os tratamentos de embebição no mesmo genótipo.

E0 = Sem Embebição; E1 = Embebição; E2 = Embebição + Secagem

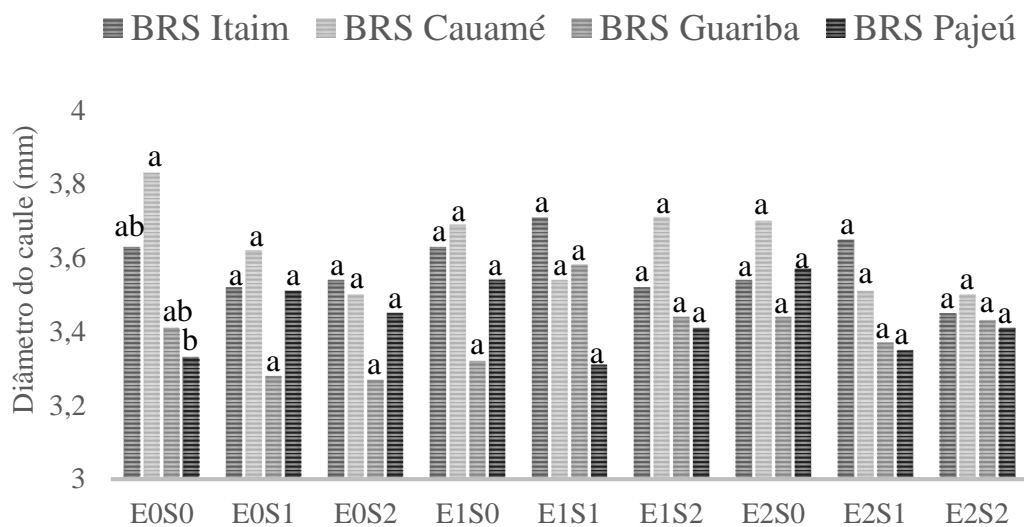


Figura 14. Teste de médias da interação tripla G x E x S para variável Dc 75 (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S).

E0S0 = Sem embebição e sem estresse (testemunha); E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

Ao se observar as Figuras 11, 12, 13 e 14, referentes ao diâmetro do caule, é perceptível uma tendência de destaque para o genótipo ‘BRS Cauamé’, por possuir as maiores médias, especialmente no tratamento E0 (sem embebição), para todas as variáveis Dc 45 - 3,45 mm (Figura 10), Dc 55 - 3,77 mm (Figura 11), Dc 65 - 3,66 mm (Figura 13) e Dc 75 - 3,83 mm (Figura 14), diferindo estatisticamente da ‘BRS Guariba’ apenas aos 65 DAS e da ‘BRS Pajeú’ aos 45, 55, 65 e 75 DAS. Entretanto, quando os genótipos foram submetidos a combinações que envolviam E1 (pré-embebição), houve tendência de destaque para a cv. BRS Itaim, por serem maiores as médias de Dc 45 (3,34 mm) e de Dc 55 (3,81 mm) nas combinações E1S0 e E1S1, respectivamente; a cv. BRS Cauamé também se destaca quando submetida à E1, com média de 3,63 na variável Dc 65. Por outro lado, há uma tendência negativa para o genótipo ‘BRS Pajeú’, em que foram mensuradas as menores médias nas respectivas variáveis Dc 45 - 3,02 mm (Figura 10); Dc 55 - 3,24 mm (Figura 11); Dc 75 - 3,33 mm (Figura 14), quando comparado aos demais; portanto a cv BRS Pajeú foi afetada, negativamente, pelo estresse na maioria das avaliações de crescimento. Dutra et al. (2013), ao avaliarem o crescimento inicial de feijão Vigna sob déficit hídrico, também verificaram efeitos significativos do estresse sobre o diâmetro do caule dos genótipos utilizados em sua pesquisa. Além disso, efeitos negativos do estresse sobre diâmetro do caule foram

observados em outras culturas, como, por exemplo, girassol (Dutra et al. 2012) e algodão (Sousa, 2008).

Na figura 12, estão os dados do desdobramento da interação G x S referente ao diâmetro caulinar, em que não foram observadas diferenças significativas entre os genótipos, com exceção apenas do ‘BRS Guariba’ que afetado, significativamente, pelos tratamentos (S0, S1). Trabalhando com nove genótipos de feijão *Phaseolus* sob restrição hídrica, Vale et al. (2012), também não verificaram efeito significativo na interação entre os fatores genótipo e déficit hídrico sobre o diâmetro do caule.

O genótipo ‘BRS Cauamé’ se destacou em espessura de caule, superando a ‘BRS Pajeú’ em 12,46% na primeira avaliação (Dc 45) e em 13,05% na última, aos 75 DAS (Dc 75) ambas no tratamento S0 (sem estresse). Os menores valores de diâmetro, em todas as épocas, foram registrados nesta última cultivar.

Como o estresse hídrico causa diminuição da área foliar e do peso da copa, o diâmetro caulinar da planta é, também, contido, adaptando-se às novas condições; além do mais, nessa situação a outra função básica do caule, a de fluxo de seiva (inorgânica e orgânica), está em menor atividade, não havendo necessidade de expansão, também devido ao menor fluxo de assimilados e de íons absorvidos (KERBAUY, 2004). As diferenças observadas podem ser devidas à interação entre os fatores (E x S) que de alguma forma favoreceram o genótipo BRS Cauamé, bem como, à diversidade das condições climáticas do local em que o estudo foi conduzido e à capacidade de adaptação as essas condições, intrínseca a cada genótipo.

5.2.2 Número de folhas

Seguiu-se, também, o mesmo procedimento já descrito, anteriormente, de desdobrar as interações, mesmo não significativas, buscando-se investigar os efeitos dos fatores em estudo. Nas duas primeiras contagens do número de folhas (Nf) realizadas aos 45 e 55 DAS, há uma tendência dos genótipos ‘BRS Guariba’ (Figura 15) e ‘BRS Itaim’ (Figura 16), serem os mais afetados pelo fator estresse, enquanto que o ‘BRS Pajeú’ aparece com a maior média na segunda contagem de folhas (Nf 55) (5,86 folhas por planta) (Figuras 16). Nesse contexto, Maia et al. (2013), analisando o efeito do estresse hídrico no crescimento de feijão de corda, também constataram reduções da emissão foliar nas plantas submetidas a 45 dias de deficiência hídrica.

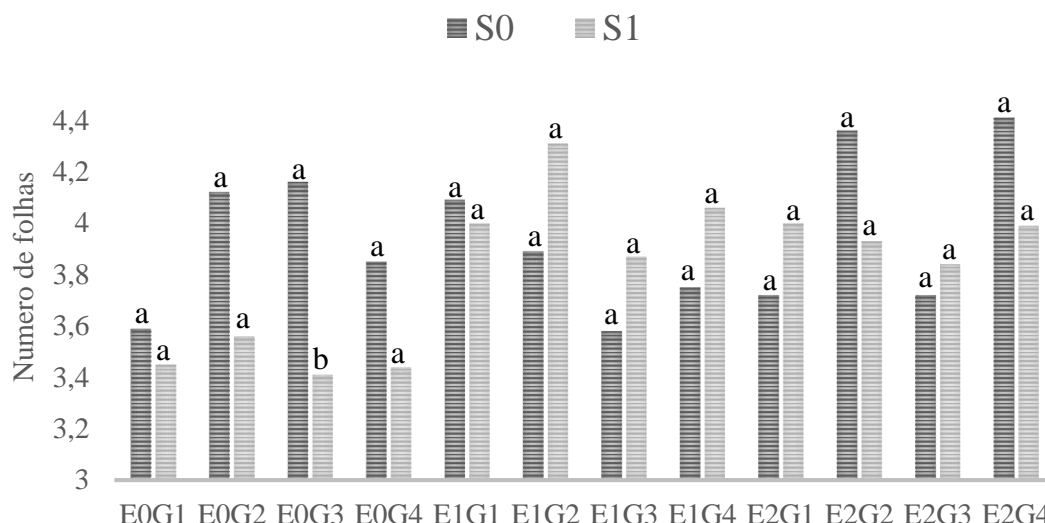


Figura 15. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável Nf 45 (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G). S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

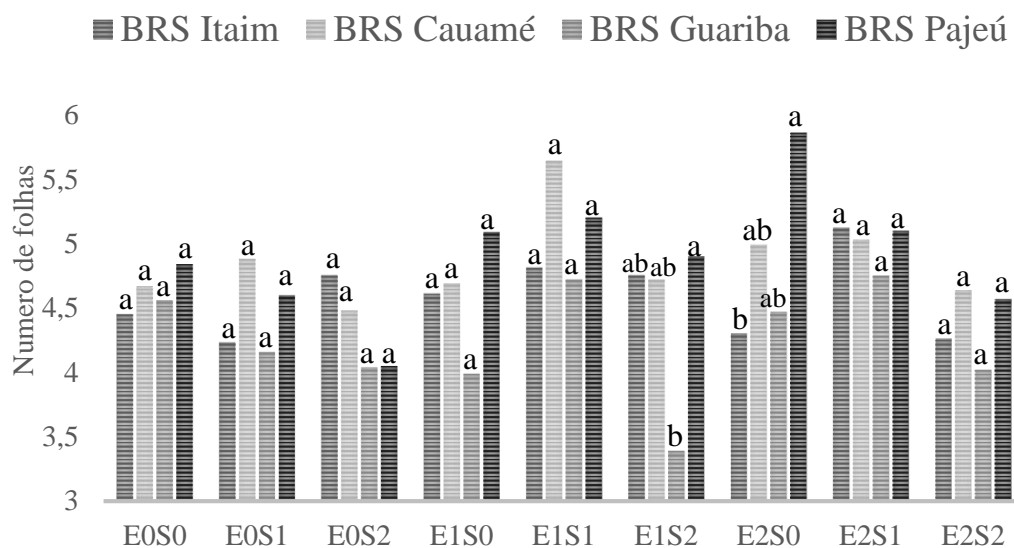


Figura 16. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável Nf 55 (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S). E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E0S2 = Sem embebição e com estresse na fase reprodutiva; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S2 = Com embebição e com estresse na fase reprodutiva; E2S0 = Com embebição + secagem e sem

estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa; E2S2 = Com embebição + secagem e com estresse na fase reprodutiva.

Destacando-se nas duas avaliações iniciais, diminuiu o número de folhas na cv. BRS Pajeú nas duas últimas avaliações (Nf 65 e Nf 75 DAS), ao se analisar as combinações que envolvem os tratamentos S2 (estresse na fase reprodutiva). Nas duas contagens, o ‘BRS Pajeú’ foi o mais afetado pela combinação de tratamentos, principalmente no estresse S2, caracterizando, assim, a não eficiência dos tratamentos de pré-embebição como atenuador do estresse, em relação ao número de folhas (Nf). Nesse genótipo, a partir do florescimento, as quedas no número de folhas atingiram 34,9% em Nf 65 e 38,6% em Nf 75, com maiores decréscimos nas combinações E2S2 (Figuras 17 e 18). Os efeitos sobre a diminuição no número de folhas, em menor ou maior grau, podem ser associados ao estresse hídrico, pois, segundo Santos e Carlesso (1998), sob deficiência hídrica a planta é induzida, tanto a reduzir o tamanho das folhas, como a diminuir a sua emissão. Além disso, baseando-se em Taiz e Zeiger (2009), uma menor disponibilidade hídrica pode levar à redução na expansão celular e na área foliar, aumento na abscisão foliar, diminuição da relação entre a biomassa da raiz e a da parte aérea, fechamento de estômatos e redução na fotossíntese.

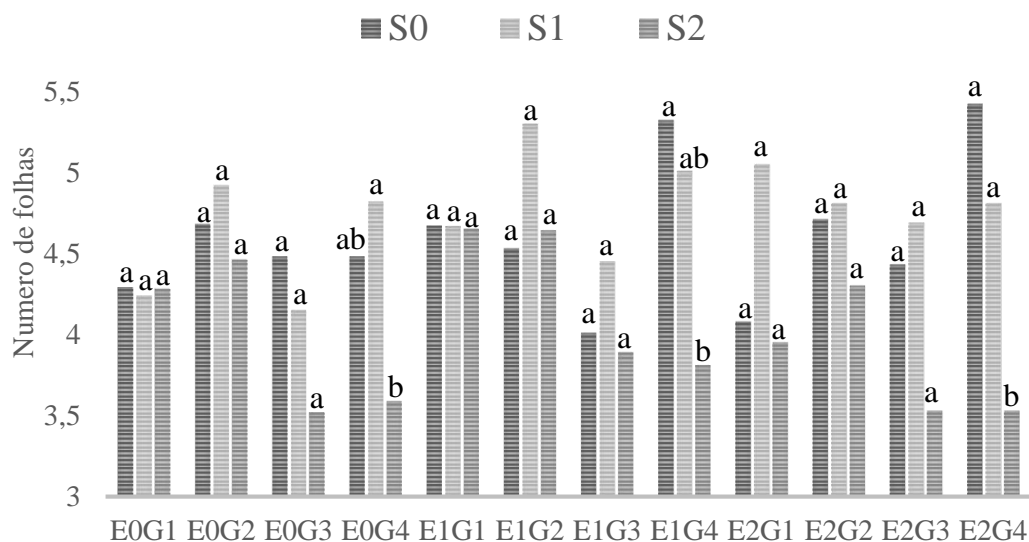


Figura 17. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável Nf 65 (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G)

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

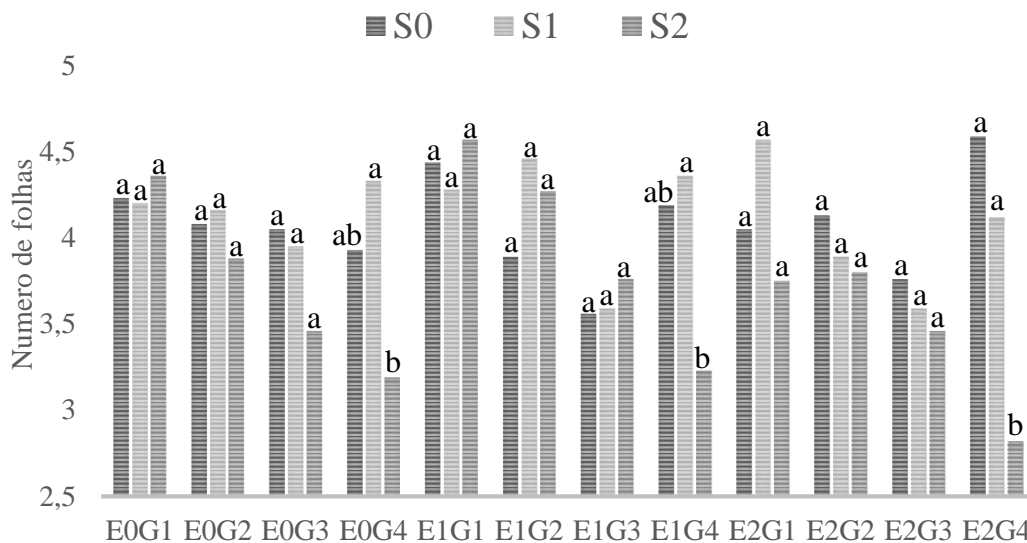


Figura 18. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável Nf 75 (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G) S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Nas duas primeiras contagens Nf 45 (Figura 15) e Nf 55 (Figura 16), percebe-se uma menor influência do estresse sobre a emissão foliar dos genótipos, mas, nas duas últimas contagens Nf 65 (Figura 17) e Nf 75 (Figura 18), foi mais visível a queda em Nf, especialmente, na cultivar BRS Pajeú. Este fato pode estar associado a ser este genótipo mais sensível ao estresse hídrico, em termos de emissão foliar. Outro aspecto a ser considerado é que as avaliações de Nf 65 e Nf 75 foram realizadas no momento que algumas plantas já estavam florescendo e outras com frutos; nessa situação, as plantas tendem a reverter grande parte dos seus fotoassimilados para produção de flores e frutos, o que pode ser uma explicação para a perda de folhas. Em outros trabalhos, foi relacionada a queda de folhas a fatores de estresse abiótico, como por exemplo, Lima et al. (2007), ao avaliarem o efeito de tratamentos de salinidade da água de irrigação em plantas de feijão-caupi.

5.3 Trocas gasosas

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas aos 25, 45 e 60 DAS. Os dados da primeira avaliação estão na Tabela 6, ressaltando-se estarem as plantas no início do estresse da fase vegetativa. Houve influência significativa ($p < 0,05$) da interação G x E para as variáveis

fotossíntese (*A*) e eficiência instantânea do uso da água (*EUA*). Na avaliação realizada aos 45 DAS, quando as plantas estavam no início do florescimento (Tabela 7), não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) em nenhuma das variáveis analisadas. Na terceira avaliação (60 DAS – estando as plantas em estresse na fase reprodutiva), observou-se efeito significativo de forma isolada apenas para o fator embebição (*E*) na variável *EUA* ($p < 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as variáveis concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e eficiência instantânea do uso da água (EUA) cujos dados foram coletados aos 25 DAS, de genótipos de *Vigna* submetidos à pré-embrição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015.

FV	GL	Quadrado Médio				
		Ci^1	E^2	gs^2	A^1	EUA^2
Bloco	3	0,118102 ^{ns}	0,407504*	0,010120*	0,058321 ^{ns}	1,371869 ^{ns}
Genótipos (G)	3	0,226742 ^{ns}	0,009093 ^{ns}	0,001176 ^{ns}	0,025212 ^{ns}	0,170352 ^{ns}
Estresse (S)	1	0,175581 ^{ns}	0,114910 ^{ns}	0,017820*	0,117741 ^{ns}	0,175422 ^{ns}
G x S	3	0,123554 ^{ns}	0,020600 ^{ns}	0,003086 ^{ns}	0,031385 ^{ns}	0,474595 ^{ns}
Erro 1	9	0,091624	0,101648	0,002385	0,050992	0,526219
Embebição (E)	2	0,097661 ^{ns}	0,017528 ^{ns}	0,001476 ^{ns}	0,043024 ^{ns}	0,100897 ^{ns}
E x G	6	0,155979 ^{ns}	0,009101 ^{ns}	0,001405 ^{ns}	0,075335*	0,422774*
E x S	2	0,006687 ^{ns}	0,003934 ^{ns}	0,000487 ^{ns}	0,003627 ^{ns}	0,043094 ^{ns}
E x G x S	6	0,093124 ^{ns}	0,011218 ^{ns}	0,001041 ^{ns}	0,040697 ^{ns}	0,202863 ^{ns}
Erro 2	60	0,134137	0,017859	0,001748	0,029880	0,172874
CV 1 (%)	---	16,17	13,58	4,10	14,57	23,71
CV 2 (%)	---	19,56	5,69	3,51	11,15	13,59
Média geral	---	1,8723425	2,3483201	1,1900371	1,5503143	3,0591630

FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

¹ Dados transformados em $\log(x)$; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as variáveis concentração de carbono interno (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese (A) e eficiência instantânea do uso da água (EUA), cujos dados foram coletados aos 45 DAS, de genótipos de *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015.

FV	GL	Quadrado Médio				
		C_i^1	E^2	g_s^2	A^1	EUA^2
Bloco	3	0,314460 ^{ns}	0,063974 ^{ns}	0,098951*	0,117407 ^{ns}	1,145658 ^{ns}
Genótipos (G)	3	0,311116 ^{ns}	0,177480 ^{ns}	0,011257 ^{ns}	0,063610 ^{ns}	0,094897 ^{ns}
Estresse (S)	1	0,027652 ^{ns}	0,087308 ^{ns}	0,018219 ^{ns}	0,244004 ^{ns}	0,740345 ^{ns}
G x S	3	0,075575 ^{ns}	0,119994 ^{ns}	0,000940 ^{ns}	0,029269 ^{ns}	0,041289 ^{ns}
Erro 1	9	0,191746	0,140721	0,024931	0,158264	0,425316
Embebição (E)	2	0,326108 ^{ns}	0,016946 ^{ns}	0,001289 ^{ns}	0,013307 ^{ns}	0,063613 ^{ns}
E x G	6	0,285769 ^{ns}	0,015763 ^{ns}	0,003712 ^{ns}	0,009279 ^{ns}	0,042092 ^{ns}
E x S	2	0,203851 ^{ns}	0,000958 ^{ns}	0,000131 ^{ns}	0,010379 ^{ns}	0,089580 ^{ns}
E x G x S	6	0,114566 ^{ns}	0,033883 ^{ns}	0,004949 ^{ns}	0,016362 ^{ns}	0,065625 ^{ns}
Erro 2	60	0,156153	0,044708	0,005929	0,025766	0,065275
CV 1 (%)	---	23,35	13,98	12,67	25,11	23,86
CV 2 (%)	---	21,07	7,88	6,18	10,13	9,35
Média geral	---	1,8753212	2,6840496	1,2465511	1,5841892	2,7335437

FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

¹ Dados transformados em $\text{Log}(x)$; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para as variáveis concentração de carbono interno (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese (A) e eficiência instantânea do uso da água (EUA), cujos dados foram coletados aos 60 DAS, de genótipos de *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015.

FV	GL	Quadrado Médio				
		C_i^1	E^2	g_s^2	A^1	EUA^2
Bloco	3	0,102768 ^{ns}	0,075844 ^{ns}	0,004528 ^{ns}	0,175394 ^{ns}	2,836813 ^{**}
Genótipos (G)	3	0,121414 ^{ns}	0,072937 ^{ns}	0,002144 ^{ns}	0,076689 ^{ns}	0,060464 ^{ns}
Estresse (S)	2	0,064312 ^{ns}	0,119098 ^{ns}	0,003744 ^{ns}	0,055697 ^{ns}	0,024540 ^{ns}
G x S	6	0,309130 ^{ns}	0,169270 ^{ns}	0,002716 ^{ns}	0,233742 ^{ns}	0,646706 ^{ns}
Erro 1	18	0,167752	0,103061	0,002009	0,117705	0,454216
Embebição (E)	2	0,116359 ^{ns}	0,007753 ^{ns}	0,000022 ^{ns}	0,066118 ^{ns}	0,781655 [*]
E x G	6	0,228154 ^{ns}	0,018196 ^{ns}	0,000468 ^{ns}	0,034489 ^{ns}	0,137368 ^{ns}
E x S	4	0,085458 ^{ns}	0,008228 ^{ns}	0,000247 ^{ns}	0,009023 ^{ns}	0,087586 ^{ns}
E x G x S	12	0,109585 ^{ns}	0,022856 ^{ns}	0,000663 ^{ns}	0,046746 ^{ns}	0,179795 ^{ns}
Erro 2	87	0,121711	0,021167	0,000510	0,046404	0,182494
CV 1 (%)	---	21,27	17,75	4,15	27,48	21,88
CV 2 (%)	---	18,11	8,04	2,09	17,25	13,87
Média geral	---	1,9259183	1,8085471	1,0788171	1,2484332	3,0795366

FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

¹ Dados transformados em Log (x); ² Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$.

Efeitos de interação significativa foram observados apenas na primeira avaliação entre os fatores E x G para as variáveis fotossíntese (*A*) e eficiência do uso da água (*EUA*). Mantendo-se procedimentos adotados em variáveis anteriores, fez-se desdobramento dos graus de liberdade das interações, em geral, para se analisar possíveis destaques envolvendo os fatores genótipo, embebição e estresse. Os valores médios para as diversas variáveis de trocas gasosas foram distribuídos em figuras, em função da idade das plantas em que houve avaliação: primeira coleta aos 25 DAS (Figuras 19, 20, 21 e 22); segunda aos 45 DAS (Figuras 23, 24, 25 e 26) e aos 60 DAS a terceira avaliação (Figuras 27, 28, 29, 30 e 31).

Ao se realizar o desdobramento dos dados, observa-se na primeira coleta de dados (25 DAS) a existência de interação tripla para três das quatro variáveis analisadas (*gs*, *A*, *EUA*) com exceção da variável (*C_i*) que foi significativa para interação simples G x S. Houve efeito significativo, principalmente, em combinações de tratamentos envolvendo o genótipo ‘BRS Pajeú’. Quando o estresse foi submetido na fase vegetativa (S1), foi afetada, negativamente, a concentração de carbono interno (*C_i*) (Figura 19) nas plantas da cv. BRS Pajeú, com redução de 14,35%, quando comparada ao tratamento sem estresse (S0). Além disso, percebe-se um decréscimo de 24,38%, para eficiência do uso da água (*EUA*) (Figura 20), na combinação E1S0.

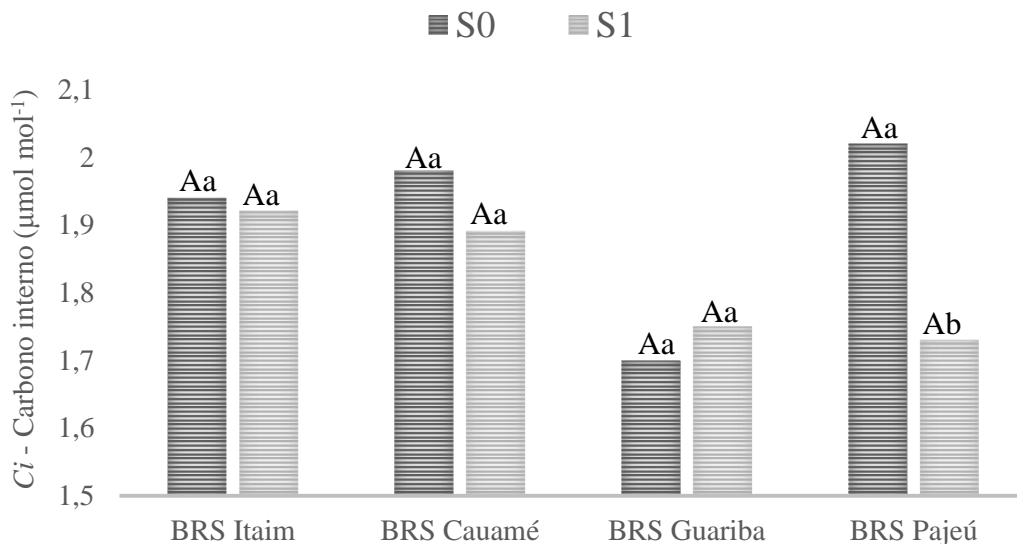


Figura 19. Teste de médias da interação G x S para variável *C_i* (Dados transformados em Log (x)) de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), não diferem entre si os histogramas com mesma letra maiúscula entre genótipos no mesmo tratamento de estresse; idem para letra minúscula, ao se comparar os tratamentos de estresse no mesmo genótipo.

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva

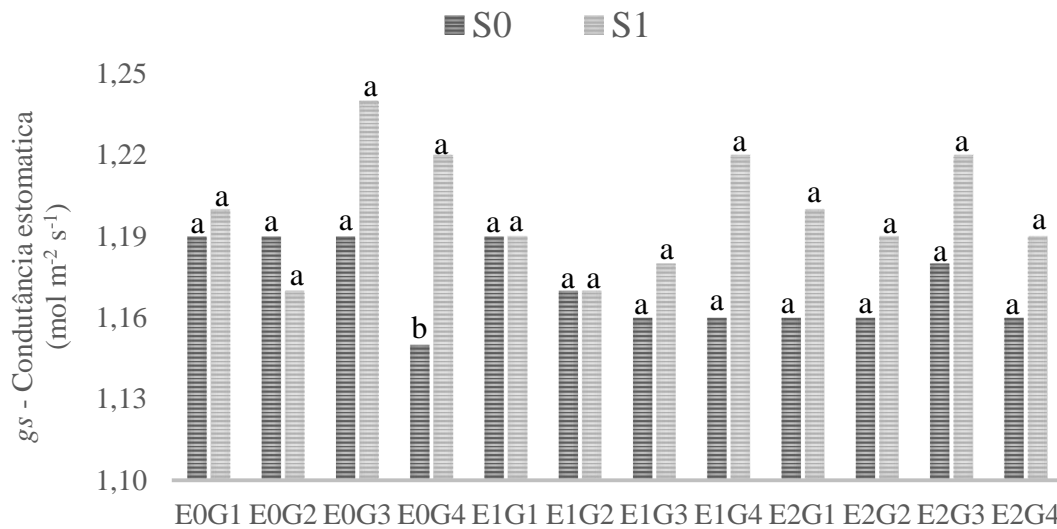


Figura 20. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável g_s (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G) S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

No tocante à condutância estomática (g_s) (Figura 20), observou-se um decréscimo de 5,73%, mas, ao contrário, ocorreu acréscimo de 22,22% na fotossíntese (A) (Figura 21), enfatizando-se não ter havido efeito significativo dos tratamentos de estresse (S0 e S1) para as respectivas variáveis, principalmente na cv. BRS Pajeú. Portanto, a redução na concentração de C_i pode ter se revertido em assimilação de carbono nessa cultivar, formando compostos orgânicos na fotossíntese. Além disso, conforme Lima (2008), plantas que conseguem se adaptar, rapidamente, para evitar a perda de água através da diminuição do fluxo estomático e manter, pelo menos temporariamente, taxas fotossintéticas razoáveis têm um melhor comportamento fisiológico em situações de deficiência hídrica.

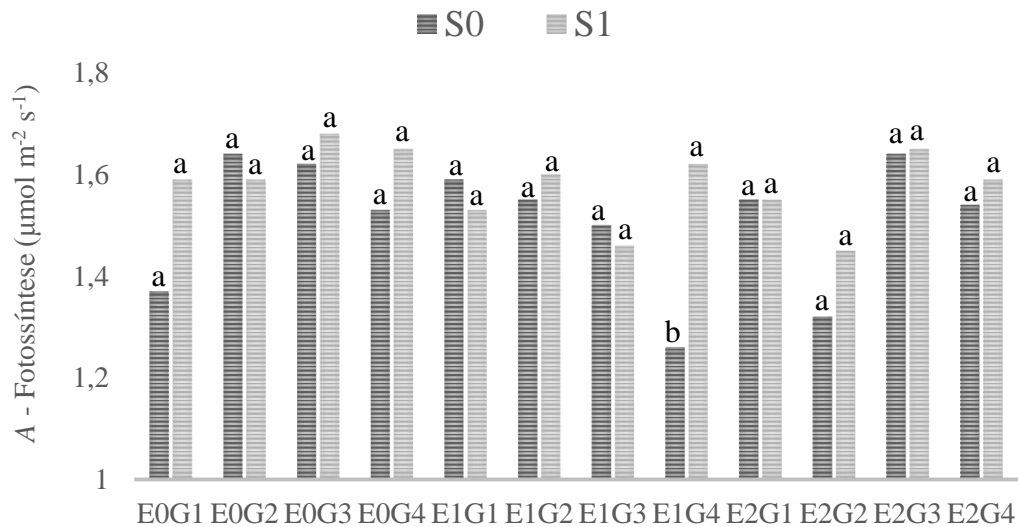


Figura 21. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável A (Dados transformados em $\log(x)$) de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G)

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

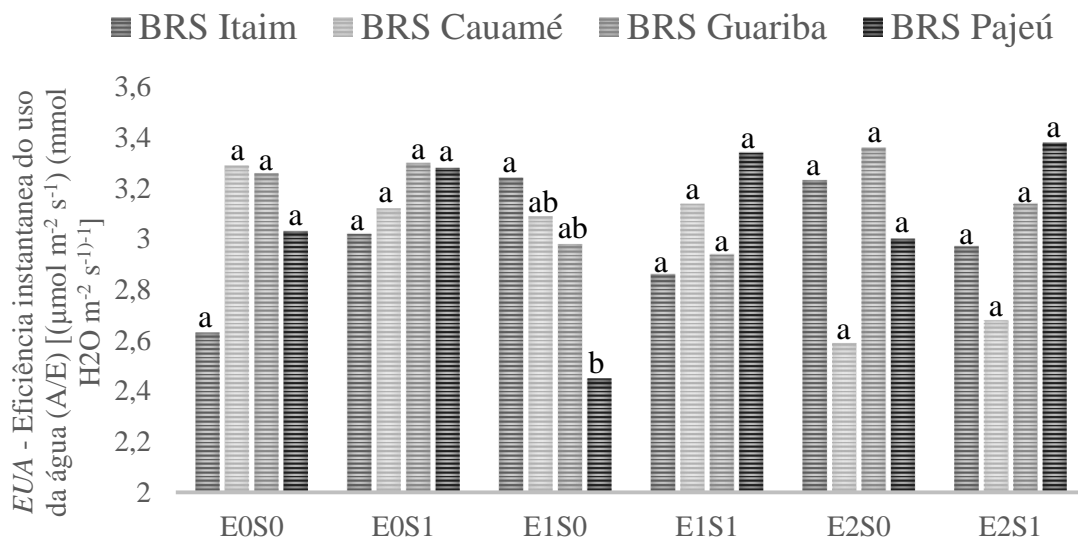


Figura 22. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável *EUA* (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$) de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S)

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

Ao se analisar os dados referentes às variáveis na segunda avaliação, realizada aos 45 DAS, não se constatou nenhuma interação tripla significativa (Tabela 7). Para a variável concentração de carbono interno (C_i) (Figura 23), houve diferença significativa apenas para a combinação G1S1, uma evidência da eficiência dos tratamentos de embebição (E1 – 1,97 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ e E2 – 2,00 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em comparação a (E0 – 1,03 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), constatou-se um maior acúmulo do carbono na câmara subestomática nas referidas embebições, entretanto, tal comportamento não alterou a taxa fotossintética, do referido genótipo sob as mesmas condições. Diante desses resultados, pôde-se constatar que a redução na concentração de CO_2 registrada para os genótipos é consequência do período de estresse aos quais as plantas foram submetidas, sendo atenuada em partes pelos tratamentos de embebição apenas no genótipo BRS Itaim aos 45 DAS. Conforme SHIMAZAKI et al. (2007), a assimilação de CO_2 do meio externo promove perda de água, e que a diminuição desta perda também restringe a entrada de dióxido de carbono, e consequentemente seu acúmulo na câmara subestomática.

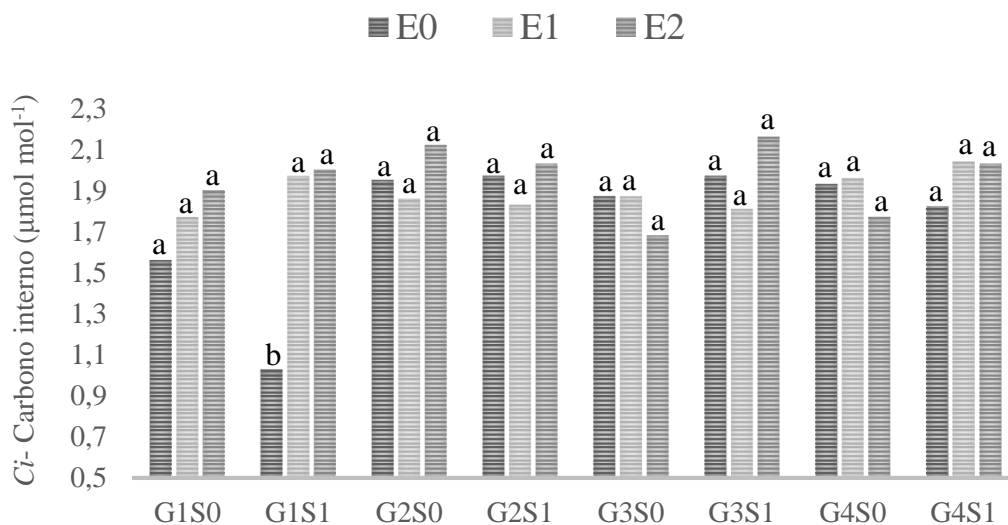


Figura 23. Teste de médias da interação tripla E x G x S para variável C_i (Dados transformados em $\text{Log}(x)$) de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (G x S).

E0 = Sem embebição; E1 = pré-embebição; E2 = pré-embebição + secagem

G1S0, G2S0, G3S0, G4S0 = Genótipos sem estresse; G1S1, G2S1, G3S1, G4S1 = Genótipos submetidos a estresse na fase vegetativa.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Em relação à transpiração (E) (Figura 24), houve significância apenas para o genótipo ‘BRS Pajeú’ quando submetido a E2 (embebição + secagem), ocorrendo redução de 13,76% na

perda de água por suas plantas, sob estresse na fase vegetativa (S1). Geralmente, a diminuição na transpiração é atribuída ao fechamento parcial dos estômatos, fato que pode ter afetado a taxa fotossintética da cv. BRS Pajeú que aparece com o maior decréscimo 18,02% para A (Figura 25) dentre os genótipos estudados quando submetido ao S1.

De acordo com Klar (1988), a transpiração é um fator importante que interfere na produtividade das plantas, por auxiliar na translocação de íons e solutos em seus tecidos e, além disso, o autor relata que o estágio de crescimento também é um fator que altera a taxa de transpiração (E). Ainda nesse contexto, Lima (2008) ressalta a existência de uma discussão sobre quais fatores poderiam influenciar a diminuição da taxa fotossintética, durante períodos de deficiência hídrica e ressalta que vários pesquisadores acreditam que tal diminuição se deve ao fechamento estomático, com conseqüente diminuição da taxa transpiratória e restrição à difusão de gás carbônico.

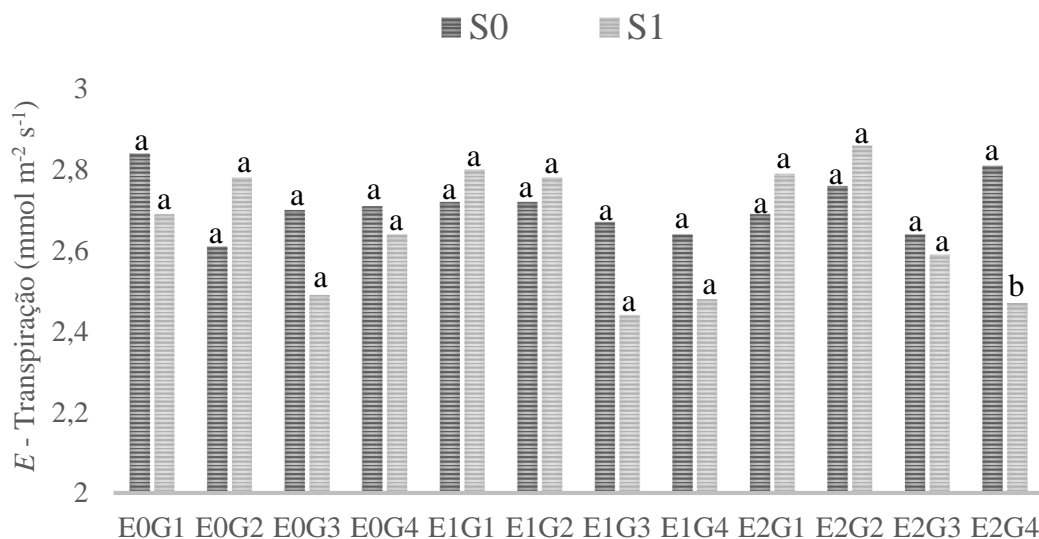


Figura 24. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável E (Dados transformados em $\sqrt{x+1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G). S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

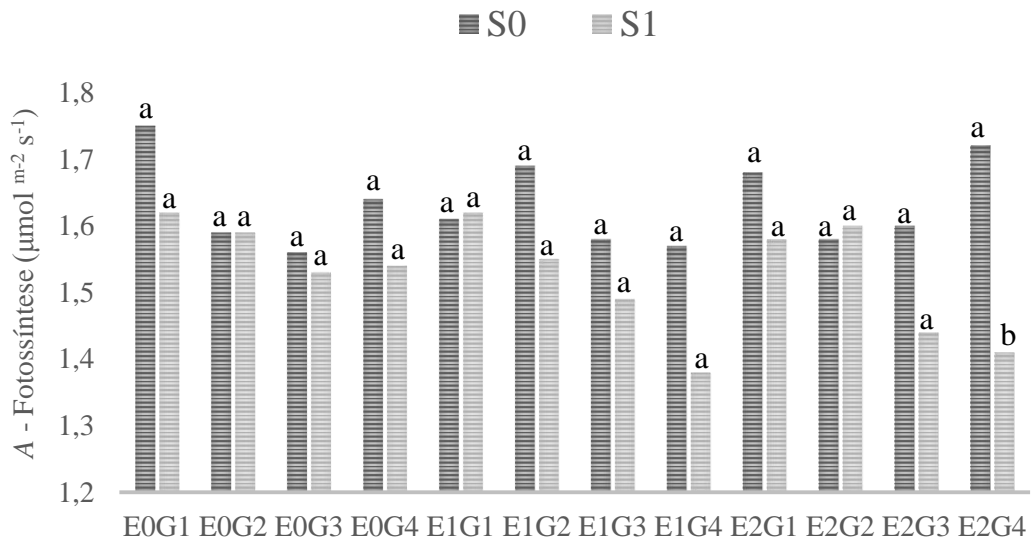


Figura 25. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável A (Dados transformados em $\text{Log}(x)$) de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Por último, em relação à eficiência do uso da água (*EUA*), percebe-se semelhança nos resultados de três combinações (E2G1; E2G4; E1G2) (Figura 26), notando-se que o estresse na fase vegetativa (S1) afeta de forma significativa os genótipos ‘BRS Itaim’ e ‘BRS Pajeú’, quando submetidos à embebição + secagem e o ‘BRS Cauamé’ quando submetido só à embebição. É perceptível que com o aumento do nível de estresse também há uma tendência de diminuição na *EUA*. Todavia, é preciso atentar para o fato que, as trocas gasosas são influenciadas pelas condições climáticas. Assim, as diminuições registradas na *EUA* podem estar atreladas a possíveis aumentos na radiação solar acumulada e na temperatura do ar, bem como na redução da umidade relativa do ar (TAIZ e ZEIGER, 2009; MELO et al., 2010).

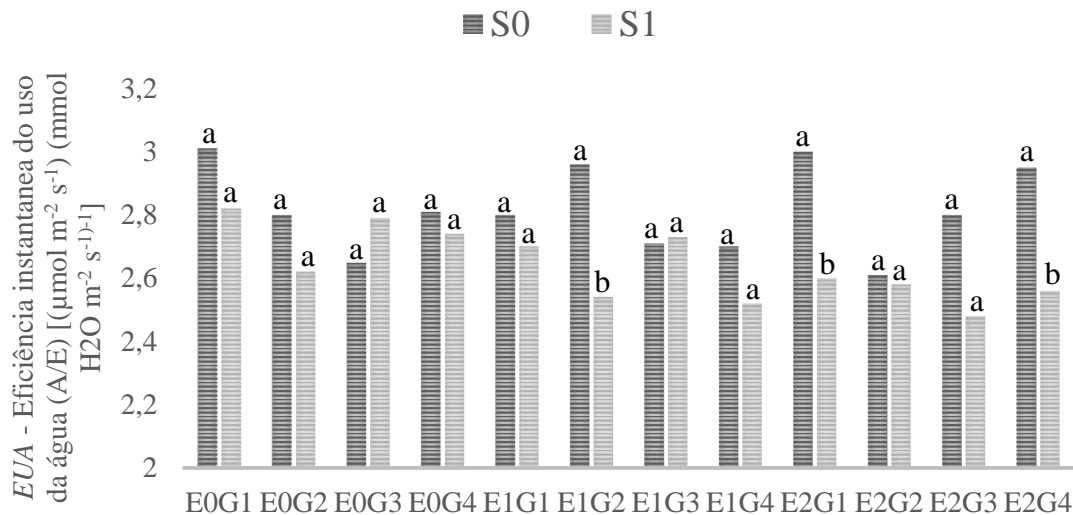


Figura 26. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável *EUA* (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G). S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Em relação às avaliações realizadas aos 60 DAS (Tabela 8), não houve efeito significativo das fontes de variação sobre os parâmetros de trocas gasosas, com exceção do fator de embebição sobre a eficiência instantânea do uso de água (*EUA*).

No tocante à concentração de carbono interno (*C_i*) (Figura 27), foi mais afetado pelo estresse na fase vegetativa (S1) o genótipo ‘BRS Cauamé’, sem tratamento de pré-embebição com baixo acúmulo de carbono ($1,49 \mu\text{mol mol}^{-1}$), não diferindo, significativamente da testemunha (S0) e do estresse na fase reprodutiva (S2). Contudo, quando relaciona-se estes dados com os de fotossíntese (*A*), percebe-se que a menor acumulação de *C_i* se refletiu em aumento de fotossíntese na combinação E0G2. Nota-se, também, que o genótipo ‘BRS Itaim’, após ter passado por tratamento de pré-embebição + secagem (E2), não reagiu bem à restrição hídrica na fase reprodutiva, todavia, observou-se que o genótipo sob o mesmo tratamento (E2) foi mais responsivo quando submetido ao S1 obtendo a maior média de acúmulo de CO_2 ($2,27 \mu\text{mol mol}^{-1}$). Para Larcher (2000), os estômatos atuam como moduladores da perda de água pela transpiração, respondendo ao déficit hídrico com alterações na abertura do poro a uma faixa crítica de valores do potencial hídrico foliar, alterando também a taxa de CO_2 no interior da célula.

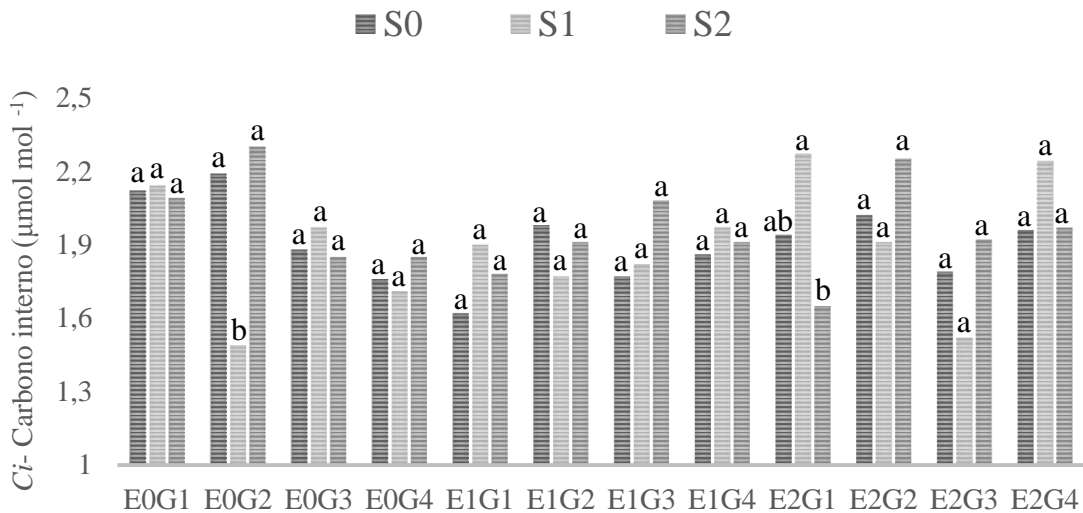


Figura 27. Teste de médias da interação tripla S x E x G para variável *Ci* (Dados transformados em Log (x)) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G). S0 = Sem estresse; S1 = estresse na fase vegetativa; S2 = estresse na fase reprodutiva; E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Quanto à transpiração (*E*) (Figura 28), destacam-se os genótipos ‘BRS Cauamé’ nas combinações E0S2, E1S2 e ‘BRS Guariba’ nas combinações E1S2 e E2S2, aparecendo com as menores taxas de transpiração, evidenciando não terem sido afetados pelo estresse na fase reprodutiva (S2), independente do tratamento de pré-embebição, enquanto que a cv. ‘BRS Pajeú’ sob as mesmas condições de embebição e estresse (E0S2, E1S2 e E2S2) surge com as maiores taxas de transpiração, sendo, portanto, o mais afetado pelo estresse na fase reprodutiva (S2), contudo, não difere estatisticamente da ‘BRS Itaim’ em nenhuma das embebições aplicadas E0, E1 e E2 sob tratamento de estresse na fase reprodutiva.

Conforme Konis (1950), as taxas de transpiração de diferentes folhas de uma mesma planta, dependem, em grande parte, das diferenças apreciáveis entre seus incrementos de temperatura, dos diferentes ângulos de exposição à radiação solar e posição de inserção na planta (periférica ou central). Além da exposição à radiação, a temperatura de folha é influenciada por temperatura e umidade do ar e velocidade do vento (GATES, 1968).

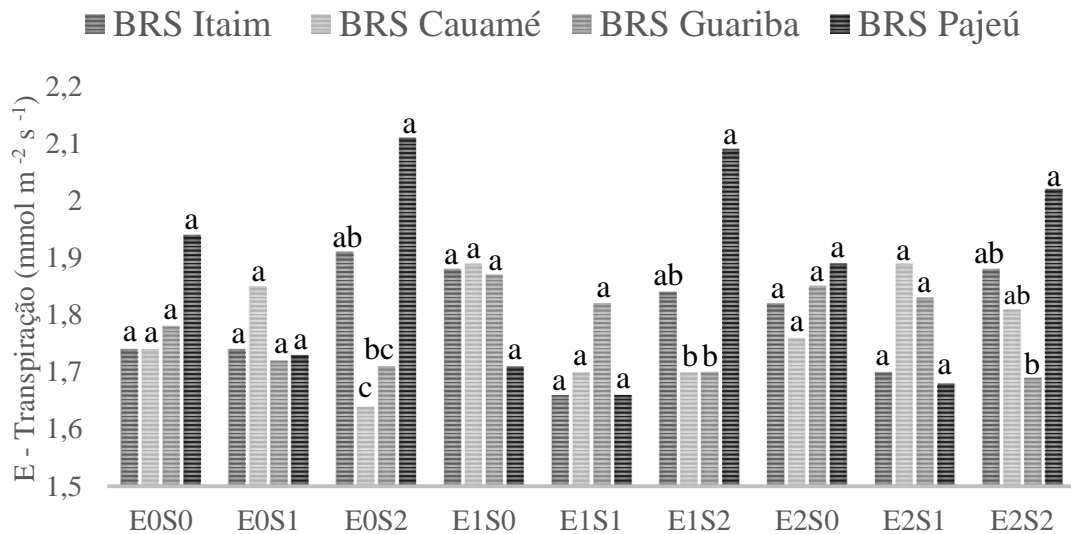


Figura 28. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável *E* (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S). E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E0S2 = Sem embebição e com estresse na fase reprodutiva; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S2 = Com embebição e com estresse na fase reprodutiva; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa; E2S2 = Com embebição + secagem e com estresse na fase reprodutiva.

Para a variável condutância estomática (*gs*) (Figura 29), observa-se uma tendência de melhor desempenho, especialmente da cv. BRS Pajeú, com as menores médias, quando submetida ao tratamento de estresse na fase vegetativa (S1). Segundo Maroco et al. (1997), os estômatos respondem diretamente à taxa de água perdida pelas folhas, em decorrência de mudanças na demanda evaporativa, ao invés de responderem a mudanças na umidade relativa do ar. O fechamento estomático, junto com a inibição do crescimento foliar, está entre as primeiras respostas à seca, protegendo as plantas contra uma perda de água excessiva, a qual pode resultar em desidratação celular, fechamento da cavidade xilemática e até morte (LIMA, 2008). Contudo, há evidências de que o ácido abscísico (ABA) esteja envolvido na regulação do movimento estomático (DAVIES e ZHANG, 1991).

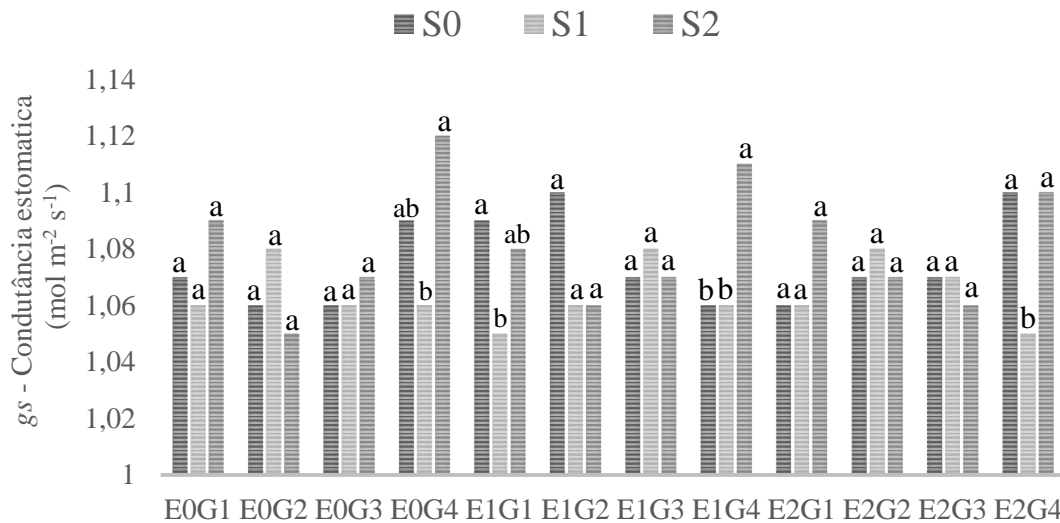


Figura 29. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável g_s (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G). S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Ao se analisar as variáveis fotossíntese (A) (Figura 30) e eficiência do uso da água (EUA) (Figura 31), observa-se, em ambas, haver efeito apenas em duas combinações (E0G2 e E2G1). A fotossíntese (A), em ‘BRS Cauamé’, foi mais afetada pelo estresse na fase reprodutiva (S2), na primeira combinação (E0G2), fato que se repetiu para a EUA , onde percebe-se o mesmo genótipo sendo afetado também pelo estresse na fase reprodutiva (S2). Na segunda combinação (E2G1), nota-se que na variável fotossíntese (A), a cv. BRS Itaim é mais afetado pelo estresse na fase vegetativa (S1), fato que se repete na variável eficiência do uso da água (EUA), onde nota-se o estresse da fase vegetativa (S1) como o que mais afeta o genótipo. Segundo Taiz e Zeiger (2004), reduções da fotossíntese líquida como resposta ao déficit hídrico estão associadas, em parte, às altas temperaturas e à baixa umidade do ar, características marcantes do clima do semiárido Paraibano. Contudo, Tezara et al. (1999), em estudo realizado com girassóis, afirmaram que a diminuição da síntese de adenosina trifosfato (ATP) e Ribulose bifosfato (RuBP), responsáveis pelo metabolismo do gás carbônico no Ciclo da Calvin, seriam os verdadeiros responsáveis pela diminuição da fotossíntese.

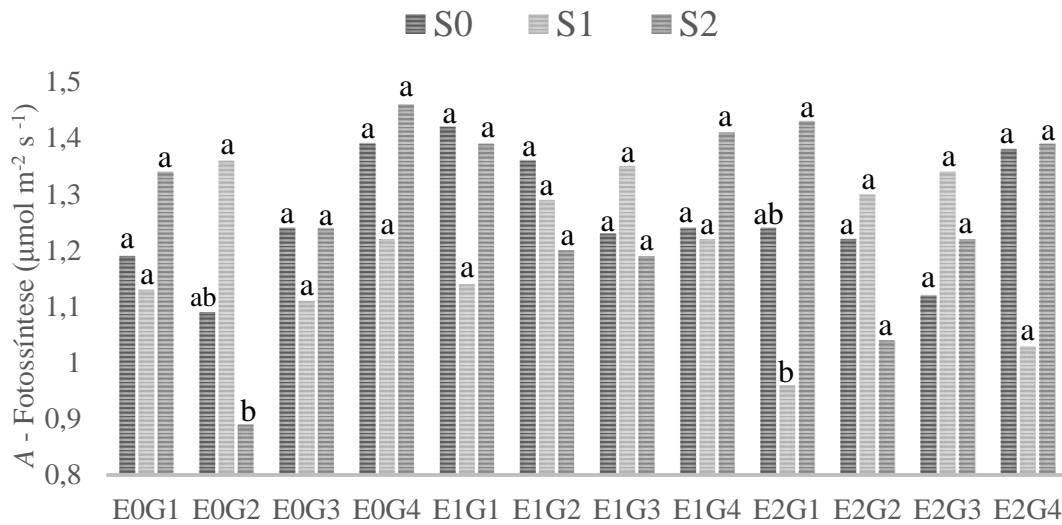


Figura 30. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável A (Dados transformados em $\text{Log } 10$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G). S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

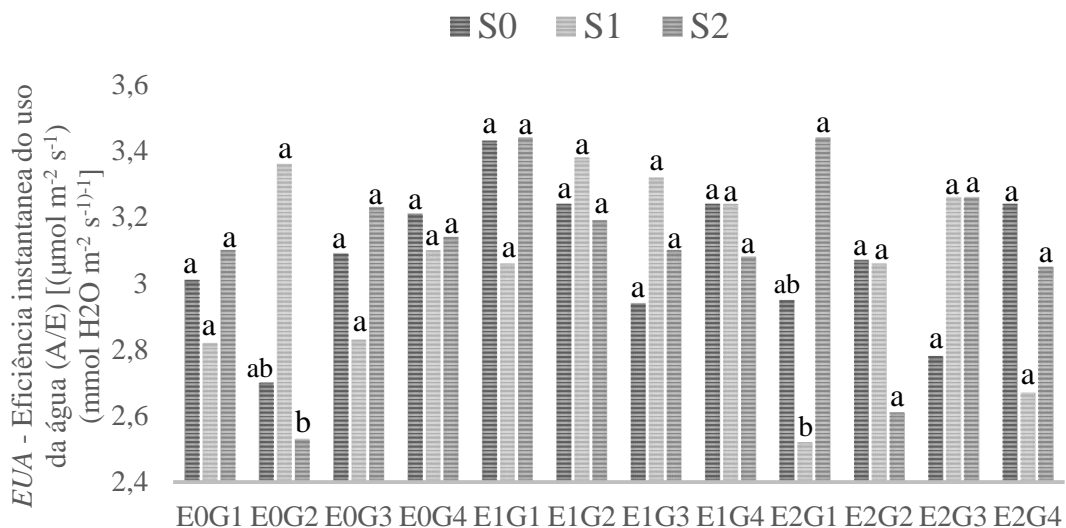


Figura 31. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável EUA (Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G). S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva. E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem. G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Ao se traçar um paralelo entre as três avaliações (25, 45 e 60 DAS) têm-se:

Para concentração de carbono interno (C_i), aos 25 DAS (Figura 19), houve efeito negativo do estresse (S1) sobre o genótipo ‘BRS Pajeú’ quando comparado com S0. Aos 45 DAS (Figura 23), observou-se diferença significativa apenas para a combinação G1S1, constatando-se eficiência dos tratamentos de embebição (E1 e E2) em comparação a E0. Na terceira avaliação, aos 60 DAS (Figura 27), o genótipo ‘BRS Cauamé’, sem tratamento de pré-embebição e quando submetido aos tratamentos de estresse, foi mais afetado por S1, com baixo acúmulo de carbono, e que o S2 não deferiu estatisticamente da testemunha (S0); nota-se, também, que o genótipo ‘BRS Itaim’ após ter passado por (E2) não reagiu bem à restrição hídrica na fase reprodutiva, e teve a maior média de acúmulo CO_2 registrada quando submetido ao S1, contudo, não difere estatisticamente de S0. Segundo Jadoski et al. (2005), a concentração de CO_2 (C_i) no mesófilo foliar é reduzida pelo fechamento estomático, com conseqüente diminuição na taxa de assimilação do dióxido de carbono. Trabalhando com a cultura do feijão caupi, cultivar Vita7 sob estresse hídrico, Souza et al. (2004), também verificaram que a redução da assimilação de CO_2 estava associada ao fechamento estomático.

Quanto à transpiração (E), pôde-se verificar ter sido significativa aos 45 DAS (Figura 24) e 60 DAS (Figura 28). Aos 45 DAS, detectou-se significância apenas para o genótipo ‘BRS Pajeú’ quando submetido a E2, constatando-se nas plantas redução de 13,76% na transpiração sob estresse na fase vegetativa (S1). Já aos 60 DAS, os genótipos ‘BRS Cauamé’ e ‘BRS Guariba’ aparecem com as menores médias e conseqüentemente, os melhores resultados quando submetidos ao S2, evidenciando não ter sido afetado pelo estresse na fase reprodutiva. Segundo Oliveira et al. (2002), o déficit hídrico causa redução nas taxas de transpiração, acompanhadas paralelamente pela queda do potencial de água na folha. Trabalhando com feijão Vigna sob deficiência hídrica, Silva et al. (2010) constataram, também, redução nas taxas de transpiração nas plantas submetidas ao estresse hídrico. Resultados semelhantes também foram encontrados por Souza et al. (2004) ao verificarem redução dos valores desses parâmetros nas plantas submetidas ao estresse hídrico.

Aos 25 DAS (Figura 20), houve um decréscimo na condutância estomática (g_s) no genótipo ‘BRS Pajeú’, sem pré-embebição quando submetido ao S0. Aos 60 DAS (Figura 29), observa-se, também, uma tendência de melhor desempenho da cv. BRS Pajeú, com as menores médias, quando submetida ao tratamento de estresse S1. Diminuições de até 72%, na condutância estomática, foram relatados por Nascimento et al. (2011), quando avaliaram a tolerância de genótipos de feijão ao déficit hídrico. Paiva et al. (2005), trabalhando com feijão comum, também observaram reduções da g_s em resposta aos baixos valores de potencial hídrico do solo. Resultados

semelhantes também foram encontrados por François (2012), trabalhando com plantas de feijão sob estresse, ao constatar diminuição da condutância estomática, com a intensificação do déficit hídrico nas plantas.

Na avaliação aos 25 DAS, houve acréscimo de 22,22% na fotossíntese (A), em plantas submetidas à combinação E1G4 e sob estresse na fase vegetativa (S1). Este aumento pode ser explicado pela diminuição da C_i no mesmo período, uma vez que estas variáveis estão intimamente ligadas. Ferraz et al. (2012), trabalhando com ecótipos de feijoeiro, cultivados no semiárido, relatam incremento de, aproximadamente, 64% na assimilação de CO_2 (A). Já aos 45 DAS, no mesmo genótipo é observado um decréscimo da ordem de 18,02% quando submetido ao mesmo estresse (S1). Nesse período também detectou-se redução na taxa de transpiração desse genótipo, sob as mesmas condições, fato este que pode ter ocasionado este decréscimo, uma vez que a diminuição da transpiração também afeta a fotossíntese. Na terceira avaliação (60 DAS), constatou-se efeito significativo do fator estresses sobre o ‘BRS Cauamé’ e o ‘BRS Itaim’. Reduções significativas nas taxas fotossintéticas também foram constatadas por Lima (2008), em plantas de feijão sob deficiência hídrica.

Para eficiência instantânea de uso da água (EUA), aos 25 DAS (Figura 22), houve decréscimo na eficiência de 24,38%, no genótipo ‘BRS Pajeú’ em relação ao genótipo ‘BRS Itaim’ na combinação E1S0; aos 45 DAS (Figura 26), observa-se que a aplicação do estresse na fase vegetativa (S1) diminui a eficiência do uso da água nos seguintes genótipos: ‘BRS Itaim’, ‘BRS Cauamé’ e ‘BRS Pajeú’; o mesmo foi constatado na última coleta realizada 60 DAS (Figura 31), com exceção do ‘BRS Pajeú’ que não foi afetado nessa avaliação, entretanto percebe-se que a cv. BRS Cauamé é mais afetada pelo S2, enquanto que a cv. BRS Itaim é mais afetada pelo S1. Chaves et al. (2003) relatam que muitas plantas tendem a apresentar aumentos na eficiência do uso da água quando o estresse hídrico é moderado. Esse aumento é resultado da relação não-linear entre a assimilação do carbono e a condutância estomática, isto é, perda de água acontecendo antes e mais intensamente do que a inibição da fotossíntese, caso que não foi observado neste estudo. Resultados similares foram registrados por Silva (2014), trabalhando com ecótipos de *Vigna* sob reposição hídrica, observando reduções da ordem de 29,55% na EUA , com maior valor [$4,90 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] obtido na lâmina de 100% da ET_c e o menor valor [$3,78 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] registrado na menor lâmina de 40%.

5.4 Fluorescência

Realizaram-se duas avaliações de fluorescência da clorofila 'a', aos 40 e 70 DAS. Na primeira, foi significativa ($p < 0,01$) a interação E x G para a variável F0 (fluorescência inicial) e, a 5%, o fator (G) para a relação entre as variáveis Fv/F0 (fluorescência variável / inicial) (Tabela 9). Aos 70 DAS, observa-se diferença significativa ($p < 0,05$) para a interação E x G na variável Fv e para a relação Fv/F0. Além disso, foram detectados efeitos significativos do fator estresse de forma isolada nas relações Fv/Fm e Fv/F0 (Tabela 10).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para as variáveis, Fluorescência inicial, máxima e variável (F0; Fm; Fv), e suas derivações (Fv/Fm; Fv/F0; F0/Fm), cujos dados foram coletados aos 40 DAS, de genótipos de Vigna submetidos à pré-embebição e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva.

FV	GL	Quadrado Médio					
		F0	Fm	Fv	Fv/Fm	Fv/F0	F0/Fm
Bloco	3	10286,062500**	168389,972222**	95496,229167**	0,000253 ^{ns}	0,101976 ^{ns}	0,000254 ^{ns}
Genótipos (G)	3	374,840278 ^{ns}	1308,972222 ^{ns}	3079,969907 ^{ns}	0,000678 ^{ns}	0,331388*	0,000683 ^{ns}
Estresse (S)	2	604,861111 ^{ns}	3576,437500 ^{ns}	1560,881944 ^{ns}	0,000193 ^{ns}	0,086101 ^{ns}	0,000194 ^{ns}
G x S	6	281,000000 ^{ns}	9683,159722 ^{ns}	7400,067130 ^{ns}	0,000168 ^{ns}	0,060833 ^{ns}	0,000170 ^{ns}
Erro 1	18	422,632716	7232,199846	5310,918981	0,000253	0,106510	0,000250
Embebição (E)	2	26,590278 ^{ns}	9727,020833 ^{ns}	8516,194444 ^{ns}	0,000274 ^{ns}	0,115309 ^{ns}	0,000276 ^{ns}
E x G	6	601,340278**	5590,854167 ^{ns}	2836,435185 ^{ns}	0,000131 ^{ns}	0,051322 ^{ns}	0,000126 ^{ns}
E x S	4	292,475694 ^{ns}	4535,520833 ^{ns}	2705,736111 ^{ns}	0,000043 ^{ns}	0,012431 ^{ns}	0,000041 ^{ns}
E x G x S	12	194,447917 ^{ns}	6503,062500 ^{ns}	5392,157407 ^{ns}	0,000208 ^{ns}	0,081846 ^{ns}	0,000210 ^{ns}
Erro 2	87	196,680156	3866,568806	3002,224377	0,000144	0,058298	0,000143
CV 1 (%)	---	9,66	8,38	9,09	2,01	8,63	7,54
CV 2 (%)	---	6,59	6,13	6,83	1,52	6,38	5,71
Média geral	---	212,7430556	1014,7916667	802,0486111	0,7896528	3,7828958	0,2097778

FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação;
 ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis Fluorescência inicial, máxima e variável (F0; Fm; Fv), e suas derivações (Fv/Fm; Fv/F0; F0/Fm), cujos dados foram coletados aos 70 DAS, de genótipos de Vigna submetidos à pré-embebição e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva.

FV	GL	Quadrado Médio ¹					
		F0	Fm	Fv	Fv/Fm	Fv/F0	F0/Fm
Bloco	3	37,872802**	217,573873**	178,652243**	0,000250 ^{ns}	0,037491 ^{ns}	0,000478 ^{ns}
Genótipos (G)	3	0,843128 ^{ns}	0,465518 ^{ns}	1,808754 ^{ns}	0,000324 ^{ns}	0,021186 ^{ns}	0,000499 ^{ns}
Estresse (S)	2	3,617922 ^{ns}	6,989940 ^{ns}	8,890549 ^{ns}	0,000937*	0,060495*	0,001440*
G x S	6	2,399486 ^{ns}	9,850265 ^{ns}	8,563350 ^{ns}	0,000195 ^{ns}	0,010403 ^{ns}	0,000283 ^{ns}
Erro 1	18	1,392485	6,462177	6,389392	0,000229	0,014515	0,000340
Embebição (E)	2	1,464977 ^{ns}	1,231327 ^{ns}	0,281248 ^{ns}	0,000120 ^{ns}	0,007334 ^{ns}	0,000181 ^{ns}
E x G	6	0,280145 ^{ns}	4,341910 ^{ns}	5,869135*	0,000312 ^{ns}	0,025225*	0,000492 ^{ns}
E x S	4	0,815876 ^{ns}	0,694988 ^{ns}	0,645525 ^{ns}	0,000136 ^{ns}	0,005921 ^{ns}	0,000183 ^{ns}
E x G x S	12	0,837062 ^{ns}	1,881497 ^{ns}	1,734890 ^{ns}	0,000152 ^{ns}	0,009533 ^{ns}	0,000232 ^{ns}
Erro 2	87	0,821224	2,427273	2,659145	0,000183	0,009640	0,000263
CV 1 (%)	---	7,86	8,42	9,65	1,35	6,39	2,13
CV 2 (%)	---	6,03	5,16	6,23	1,21	5,21	1,88
Média geral	---	15,0226193	30,2005377	26,1873489	1,1181946	1,8849320	0,8651976

FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação;
 ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

¹ Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

Para se analisar os possíveis efeitos dos fatores em interação, existentes nos valores altos de GL do resíduo, fez-se desdobramento dos graus de liberdade. Deu-se ênfase na discussão das relações Fv/Fm, Fv/F0 e F0/Fm, por serem mais representativas do estado fotoquímico das folhas.

Na relação Fv/Fm, aos 40 DAS (Figura 32), constatou-se efeito dos tratamentos de estresse sobre os genótipos. Na combinação E1S0, o mais afetado foi ‘BRS Itaim’ com decréscimos de 3,79%, enquanto que em E2S2, o mais afetado foi o ‘BRS Pajeú’, também com decréscimos de 3,79%, contudo não diferindo estatisticamente do ‘BRS Itaim’. Foi similar o efeito sobre Fv/Fo, com tendência de serem mais afetados os mesmos genótipos e nas mesmas combinações, entretanto, com decréscimos maiores, variando de 14,1% para o ‘BRS Pajeú’ na combinação (E2S2), diferindo estaticamente apenas do ‘BRS Guariba’, até 14,5% no ‘BRS Itaim’ na combinação E1S0, não deferindo da cv. BRS Pajeú sob as mesmas condições (Figura 33).

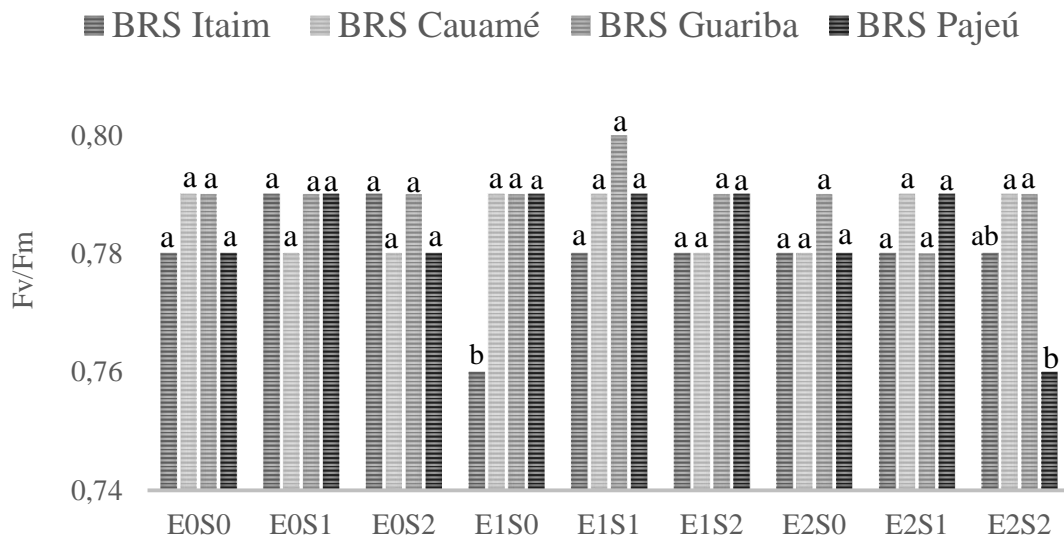


Figura 32. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável Fv/Fm de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S)

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

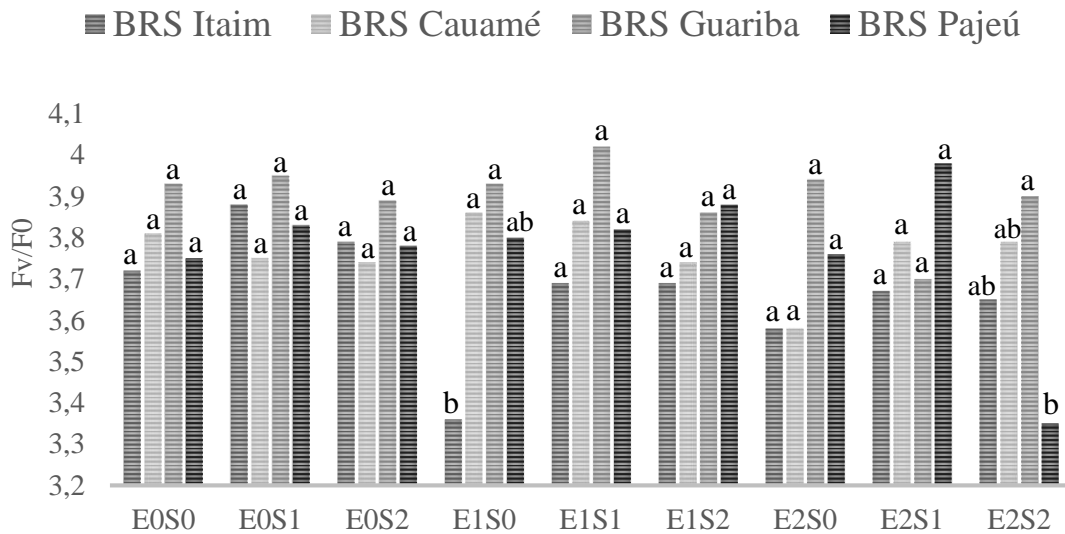


Figura 33. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável Fv/F0 de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S)

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

Na relação F0/Fm, os papéis se invertem, registrando-se as maiores médias na cv. BRS Itaim quando submetida a combinação E1S0 e BRS Pajeú sob a combinação E2S2 (ambos com 0,23), todavia, a cv. BRS Pajeú não difere estatisticamente da cv. Itaim sob a mesma condição (Figura 34). Entretanto, mesmo com os decréscimos acima observados, foram registrados nas plantas de *Vigna* valores de eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) superiores a 0,76 mesmo nas plantas submetidas aos períodos de estresse (S1 e S2), mantendo-se, portanto, acima do limite de 0,75, abaixo do qual considera-se haver injúria ao FSII (MACHADO FILHO et al., 2006). Nesse contexto, Souza et al. (2011) em trabalho sobre fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi, submetido à salinidade, verificaram valores de eficiência quântica potencial do fotossistema II (Fv/Fm) entre 0,82 e 0,85, o que evidencia uma grande resistência da atividade fotoquímica do feijoeiro caupi ao estresse salino. Por outro lado, Zanandra et al. (2006) identificaram decréscimos significativos em função de estresse salino em genótipos de feijão *Phaseolus*.

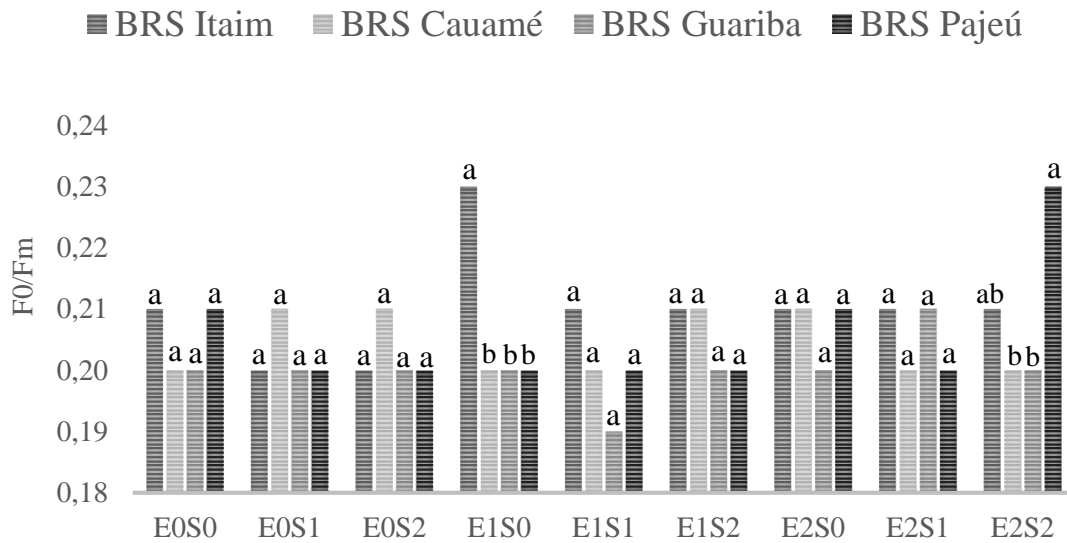


Figura 34. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável F0/Fm de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S)

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

Aos 70 DAS, foram mais afetados o ‘BRS Cauamé’ e o ‘BRS Pajeú’, na relação Fv/Fm, com médias de 1,08 e 1,10 com decréscimo nesta variável de 3,57% e 1,78%, respectivamente (Figura 35); em Fv/F0 o mais afetado foi o ‘BRS Pajeú’ com de decréscimo de 11,34% (Figura 36). Nesse contexto, ressalta-se que os decréscimos registrados para eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) aos 70 DAS, situaram-se bem abaixo do limite de 0,75, a partir do qual considera-se haver injúria ao FSII, portanto, constata-se que o estresse na fase reprodutiva causou danos ao FSII, nas cvs. BRS Cauamé e Pajeú.

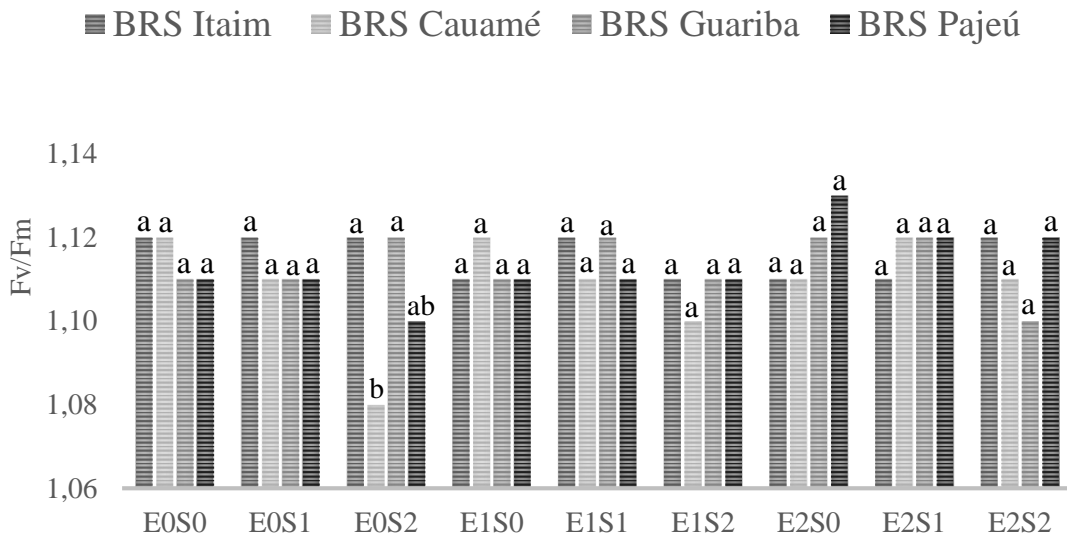


Figura 35. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável Fv/Fm (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S) E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

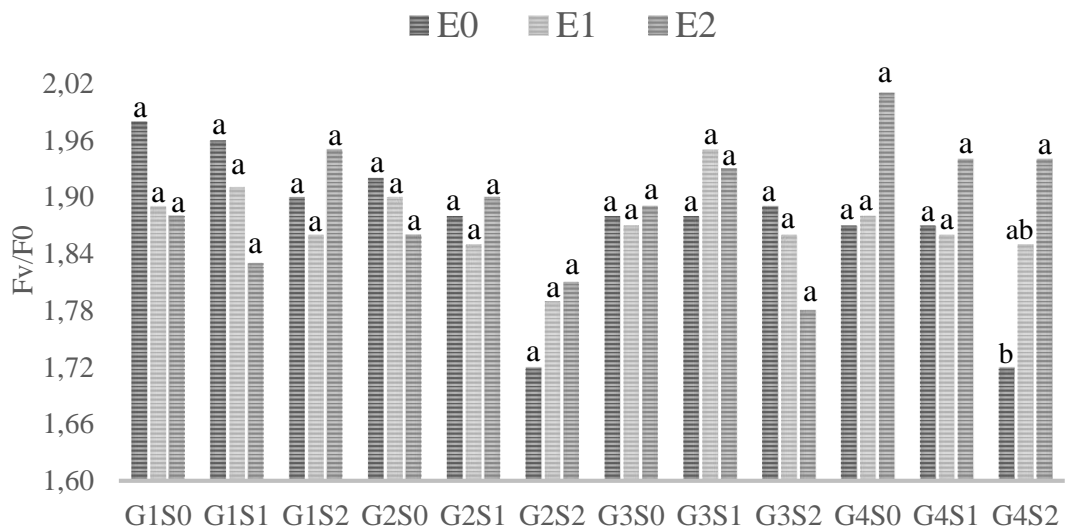


Figura 36. Teste de médias da interação tripla E x G x S para a variável Fv/F0 (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (G x S).

E0 = Sem embebição; E1 = Embebição; E2 = Embebição + secagem.

G1S0, G2S0, G3S0, G4S0 = Genótipos sem estresse; G1S1, G2S1, G3S1, G4S1 = Genótipos submetidos a estresse na fase vegetativa; G1S2, G2S2, G3S2, G4S2 = Genótipos submetidos a estresse na fase reprodutiva. 70 DAS

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Para F0/Fm, valores mais baixos foram registrados em ‘BRS Itaim’ e ‘BRS Guariba’, com decréscimo de 3,37%. Entretanto, vale ressaltar que todas as variações foram observadas nos genótipos sem tratamento de embebição e ocorreram apenas sob estresse na fase reprodutiva (S2) (Figura 37).

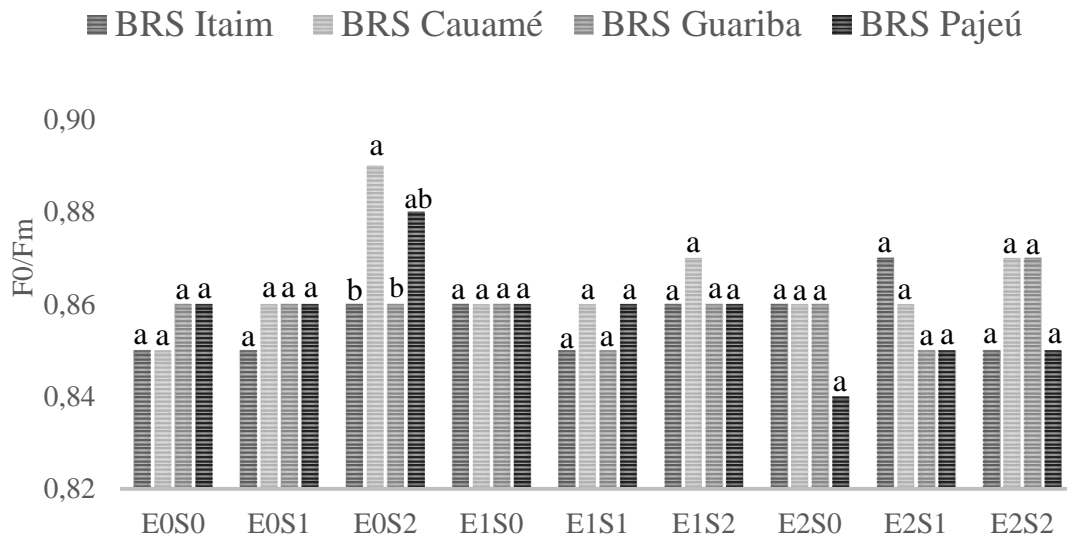


Figura 37. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável F0/Fm (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S)

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa. 70 DAS

A razão Fv/Fm é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do FSII, quando todos os centros de reação do FSII estão abertos; tem sido utilizada para detectar perturbações no sistema fotossintético causadas por estresses ambientais e bióticos (MAXWELL e JOHNSON, 2000; BAKER e ROSENQVST, 2004). Nesse contexto, Pereira et al. (2000) ressaltam que sua diminuição indica inibição da atividade fotoquímica.

Conforme Lichtenthaler et al. (2005), a razão Fv/F0 tem sido recomendada para se detectar mudanças induzidas por fatores de estresse nos vegetais, pois embora contenha a mesma informação básica, amplifica as pequenas variações detectadas pela razão Fv/Fm. Esta relação representa um indicador da eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII e/ou da atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos processos concorrentes

fotoquímicos e não-fotoquímicos no FSII) em geral, com valores entre 4 e 6 (ZANANDRA et al., 2006). Tomando-se por base as médias preconizadas por Zanandra et al. (2006), observar-se-á que na primeira avaliação (40 DAS) as médias obtidas nas avaliações deste trabalho estão dentro da faixa normal preconizada; no entanto, as médias referentes à segunda avaliação (70 DAS) diferem, ficando abaixo dos padrões recomendados, o que indica possíveis efeitos dos tratamentos sobre a eficiência máxima do processo fotoquímico (ZANANDRA et al., 2006).

No tocante à F_0/F_m , essa relação é tida como a produção quântica fotoquímica efetiva do FSII ou ainda, produção quântica da conservação de energia fotoquímica no FSII, dentre outras definições (ROHÁČEK, 2002; ZANANDREA et al., 2006). A avaliação deste parâmetro é de grande importância, pois seu aumento é um indicativo de estresse na planta, sendo a faixa de valores normais, ou seja, valores preconizados como padrão, entre 0,14 e 0,20 (ROHÁČEK, 2002). No presente experimento, observou-se que o estresse na fase reprodutiva (S2) causou aumentos nesta relação que variam de aproximadamente 15% aos 40 DAS (Figura 34) a 45% aos 70 DAS (Figura 37) com médias oscilando entre 0,20 e 0,23 e de 0,20 a 0,29, respectivamente, e portanto, se encontra fora da faixa citada como padrão. Portanto, constata-se que o estresse na fase reprodutiva pode causar danos ao aparato fotossintético. Outro fato a ser observado é que o aumento dessa relação se deve, conseqüentemente, ao aumento ocorrido em F_0 e/ou redução em F_m , que resulta no aumento de F_0/F_m . Baker (2008) relata que o aumento da F_0 revela destruição do centro de reação do FSII (P680) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao FSII. Por outro lado, a diminuição da F_m caracteriza deficiência de fotorredução da quinona A (QA), que pode estar associada à inativação do FSII nas membranas dos tilacóides, afetando diretamente o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (SILVA et al., 2006).

5.5 Componentes de produção

As Tabelas 11 e 12 trazem o resumo das análises de variância referentes aos componentes de produção do feijão Vigna, onde se percebe efeito significativo da interação tripla para massa seca de sementes (MSSE), peso total de vagem verde (PTVV), peso total de semente verde (PTSV) e efeito dos fatores isolados para massa seca de vagem (MSVA), massa seca da raiz (MSR), massa seca de sementes (MSSE), peso total e médio de vagem verde (PTVV; PMVV), peso total e médio de semente verde (PTSV; PMSV), número de vagens por planta (NVP). Não foram constatados efeitos isolados ou interativos dos fatores sobre as variáveis massa seca de folhas, de caule e da parte aérea (MSF, MSC, MSPA). Fez-se desdobramento dos graus de liberdade das interações,

para se analisar as diferenças entre os genótipos em função dos tratamentos de pré-embebição e das condições de estresse aplicadas às plantas, objetivando-se entender se tais relações afetam também as demais variáveis em que não foi constatada a interação.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância das variáveis massa seca das vagens, raízes, folhas, caule e sementes (MSVA; MSR; MSFO; MSC; MSSE) e massa seca da parte aérea (MSPA) de genótipos de *Vigna* submetidos à pré-embebição e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		MSVA ¹	MSR ¹	MSFO ¹	MSC ¹	MSSE ¹	MSPA ²
Bloco	3	0,099772 ^{ns}	0,282165 [*]	1,784591 ^{ns}	2,370376 ^{ns}	0,979308 ^{ns}	0,127278 ^{ns}
Genótipos (G)	3	0,544870 [*]	0,891201 ^{**}	1,391893 ^{ns}	1,552421 ^{ns}	6,412455 ^{**}	0,068194 ^{ns}
Estresse (S)	2	6,273741 ^{**}	0,326151 [*]	1,659371 ^{ns}	3,238099 ^{ns}	19,872697 ^{**}	0,160771 ^{ns}
G x S	6	0,235458 ^{ns}	0,053378 ^{ns}	0,354229 ^{ns}	0,293576 ^{ns}	0,747992 ^{ns}	0,002948 ^{ns}
Erro 1	18	0,165384	0,094049	1,124467	0,981875	0,646590	0,055305
Embebição (E)	2	0,194349 ^{ns}	0,012064 ^{ns}	0,518409 ^{ns}	0,714096 ^{ns}	0,680614 ^{ns}	0,062186 ^{ns}
E x G	6	0,170715 ^{ns}	0,008325 ^{ns}	0,670357 ^{ns}	0,275023 ^{ns}	0,796463 ^{ns}	0,019335 ^{ns}
E x S	4	0,388601 ^{ns}	0,114752 ^{ns}	0,346317 ^{ns}	0,581019 ^{ns}	1,450769 ^{ns}	0,030261 ^{ns}
E x G x S	12	0,306551 ^{ns}	0,071431 ^{ns}	0,696440 ^{ns}	0,771155 ^{ns}	1,966074 ^{**}	0,042059 ^{ns}
Erro 2	87	0,197564	0,057740	0,589648	0,656542	0,756550	0,035303
CV 1 (%)	---	17,69	18,48	37,94	24,44	17,96	17,44
CV 2 (%)	---	19,33	14,48	27,48	19,98	19,43	13,94
Média geral	---	2,2990017	1,6595113	2,7946317	4,0551483	4,4760395	1,3481264

FV – Fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação;

ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

¹ Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$; ² Dados transformados em Log (x).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância das variáveis peso total e médio de vagem verde (PTVV; PMVV), peso total e médio de semente verde (PTSV; PMSV) e número de vagens por planta (NVP) de genótipos de Vigna submetidos à pré-embebição e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio ¹				
		PTVV	PMVV	PTSV	PMSV	NVP
Bloco	3	2,974800 ^{ns}	0,019484 ^{ns}	2,558199 ^{ns}	0,001339 ^{ns}	0,278101 ^{ns}
Genótipos (G)	3	6,231349 ^{ns}	0,573649 ^{**}	5,230965 ^{ns}	1,263297 ^{**}	9,467553 ^{**}
Estresse (S)	2	99,315529 ^{**}	0,046974 ^{ns}	51,755676 ^{**}	0,002773 ^{ns}	21,280828 ^{**}
G x S	6	2,337817 ^{ns}	0,074965 ^{ns}	1,574296 ^{ns}	0,019355 ^{ns}	1,463018 ^{ns}
Erro 1	18	2,920065	0,036974	1,823314	0,020473	0,901915
Embebição (E)	2	5,928787 ^{ns}	0,094674 ^{ns}	3,408553 ^{ns}	0,019455 ^{ns}	1,994179 ^{ns}
E x G	6	4,057790 ^{ns}	0,043254 ^{ns}	1,986693 ^{ns}	0,028168 ^{ns}	1,446467 ^{ns}
E x S	4	5,135727 ^{ns}	0,050660 ^{ns}	3,769555 ^{ns}	0,070267 ^{ns}	0,952120 ^{ns}
E x G x S	12	6,947051 [*]	0,046829 ^{ns}	4,524550 ^{**}	0,038124 ^{ns}	1,258565 ^{ns}
Erro 2	87	3,005199	0,048177	1,859719	0,031373	0,971013
CV 1 (%)	---	18,92	7,36	19,19	6,85	18,30
CV 2 (%)	---	19,19	8,40	19,38	8,48	18,99
Média geral	---	9,0331958	2,64131512	7,0371144	2,0888077	5,1895543

FV – Fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação;
 ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1 %, respectivamente pelo teste F.

¹Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

No tocante às variáveis de massa seca, há uma tendência de todas as variáveis serem afetadas pelo estresse na fase reprodutiva (S2), sendo esse efeito mais pronunciado no genótipo ‘BRS Pajeú’ (Figuras 38, 39, 40, 41 e 42).

A massa seca das vagens (MSVA) foi mais afetada quando o estresse ocorreu na fase reprodutiva (S2), com decréscimo máximo da ordem de 47,40% em relação à S0 na combinação E2G4 (Figura 38).

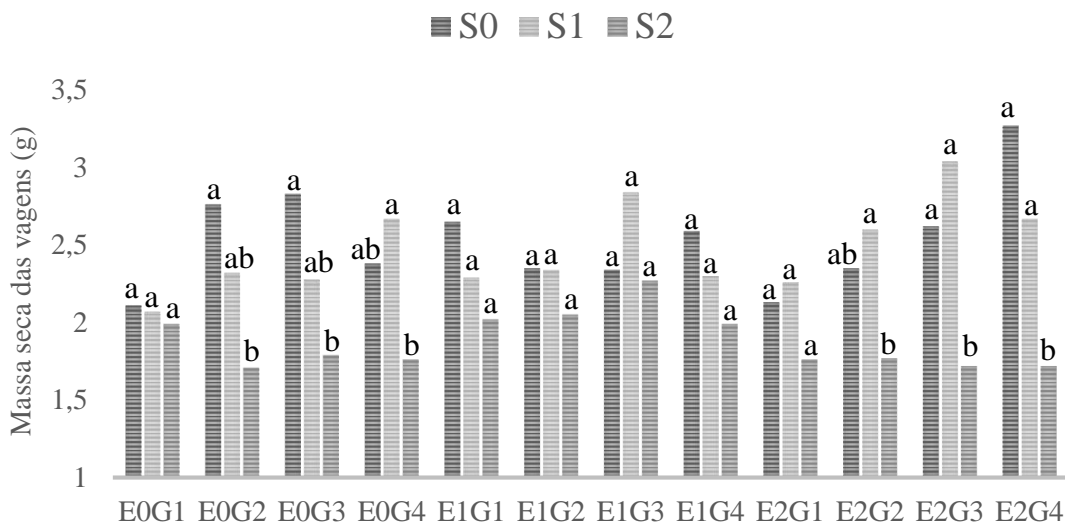


Figura 38. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável MSVA – Massa seca das vagens (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Observa-se também uma tendência similar para a variável massa seca da raiz (MSR), com os menores valores observados no genótipo ‘BRS Pajeú’ (1,31 e 1,28 g) (Figura 39). Este caso se repete para massa seca de folhas (MSFO), em que na cv. BRS Pajeú sob o tratamento (E2), foram registradas as menores médias, nos dois tratamentos de estresse S1 e S2 (Figura 40).

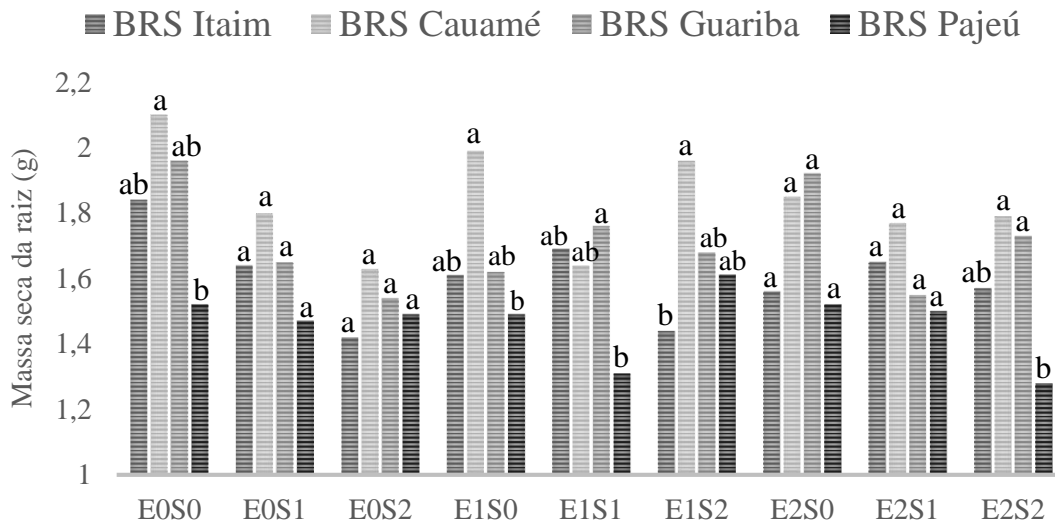


Figura 39. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável MSR – Massa seca da raiz (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S).

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

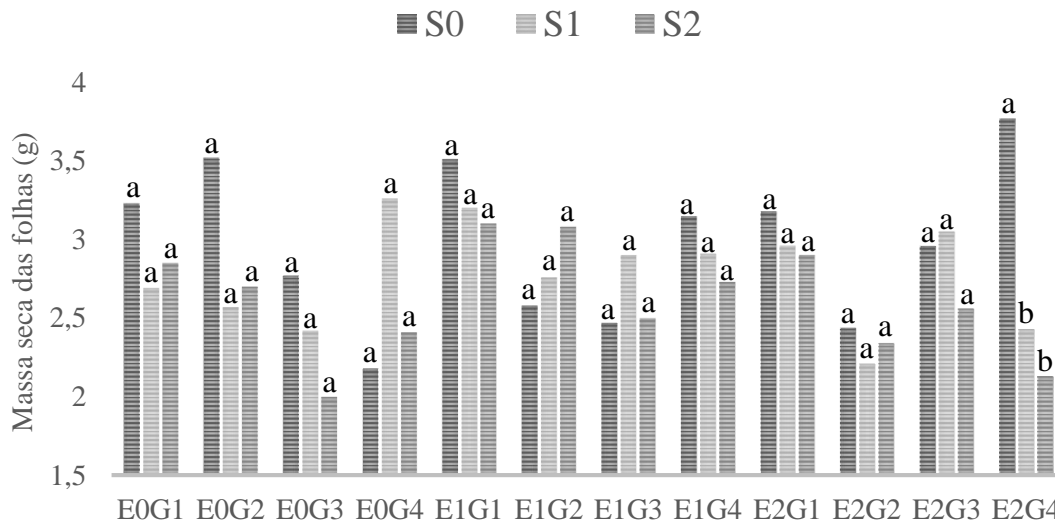


Figura 40. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável MSFO – Massa seca das folhas (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

Ao se analisar a massa seca do caule (MSC) (Figura 41), percebe-se que o estresse nas fases vegetativa (S1) e reprodutiva (S2) afetou tanto o ‘BRS Cauamé’, sem tratamento de pré-embebição (E0), quanto a cv. BRS Pajeú, sob tratamento de pré-embebição + secagem (E2) (Figura 41). A massa seca de sementes é também afetada pelo S2, com decréscimo de aproximadamente 51% na combinação E2G4 (Figura 42).

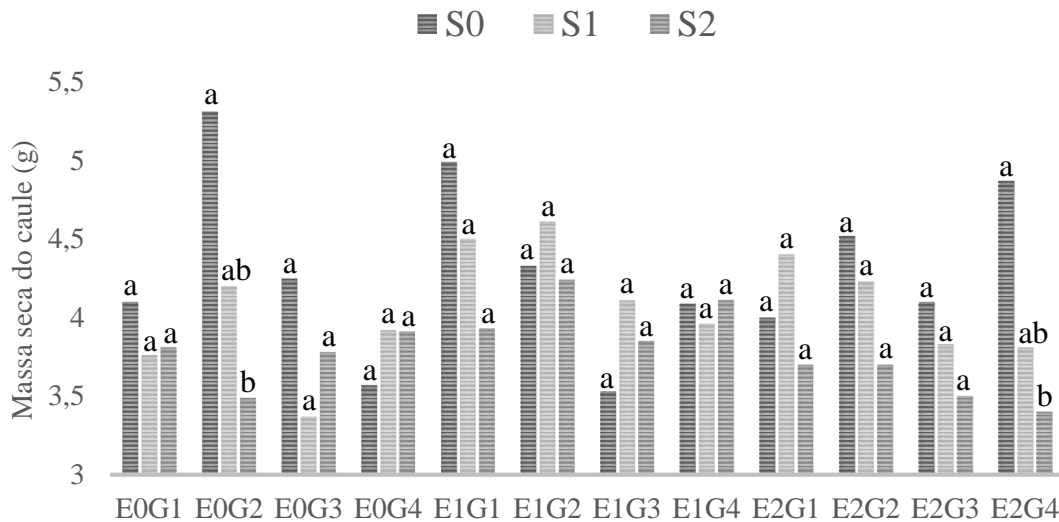


Figura 41. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável MSC – Massa seca do caule (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1 = BRS Itaim; G2 = BRS Cauamé; G3 = BRS Guariba; G4 = BRS Pajeú.

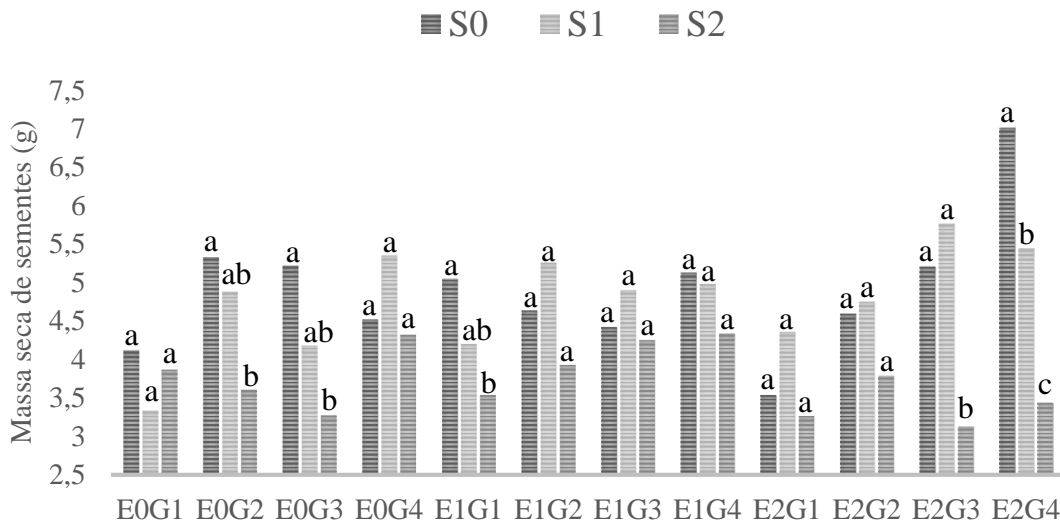


Figura 42. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável MSSE – Massa seca de sementes (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

No que concerne à massa seca da parte aérea (MSPA), observa-se diferença significativa apenas na combinação E0S0, com a maior média para a cv. BRS Cauamé (1,57 g) e a menor para a cv. BRS Pajeú (1,17g), todavia, este valor não difere, estatisticamente, dos encontrados para as cvs. BRS Itaim e Guariba (Figura 43).

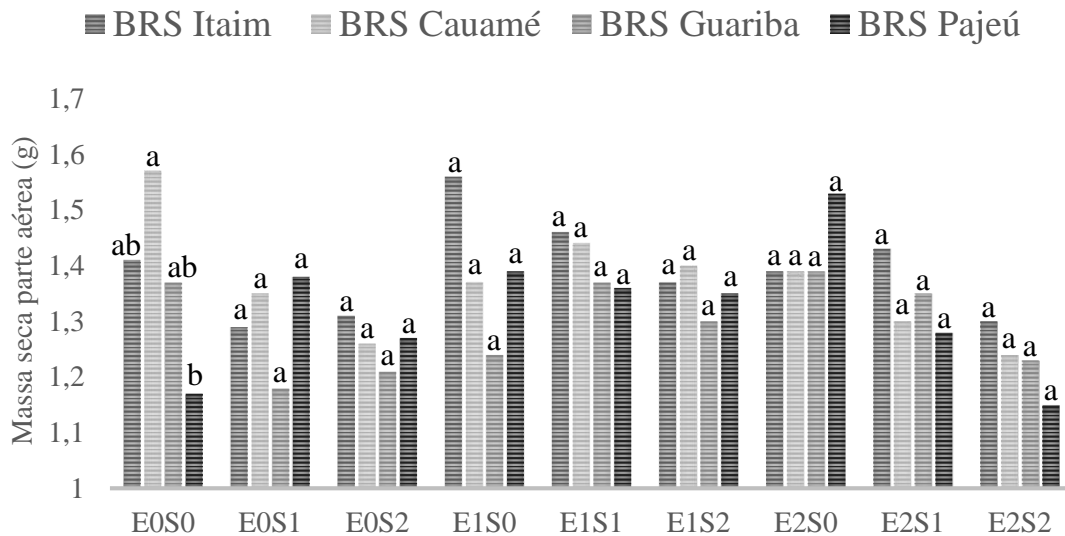


Figura 43. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável MSPA – Massa seca da parte aérea (Dados transformados em Log (x)) de genótipos de feijão *Vigna* submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S).

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

Com relação aos componentes da massa seca, é perceptível que as variáveis foram afetadas pelo fator estresse em algumas combinações, este fato fica mais explícito nas combinações que envolveram as embebições E0 e E2, especialmente sob tratamento de estresse na fase reprodutiva (S2). Leite e Virgens Filho (2004), trabalhando com produção de matéria seca em plantas de caupi, submetidas a déficit hídrico, também observaram acentuado decréscimo nos valores da matéria seca das diversas partes da planta com aumento da duração do estresse hídrico. Trabalhando com deficiência hídrica em feijão *Phaseolus*, Oliveira et al. (2008) constataram, também, em todos os tratamentos decréscimo significativo à medida que diminuía os níveis de água no solo.

Pelos desdobramentos, observa-se uma tendência de as variáveis peso total de vagem verde (PTVV) e peso total de semente verde (PTSV) serem afetadas, principalmente, quando as plantas foram submetidas ao S2, sendo o efeito mais pronunciado no genótipo ‘BRS Pajeú’, com decréscimos de 51,77% e 49,76%, respectivamente (Figuras 44 e 46). Entretanto, não se percebe diferença significativa entre os tratamentos de estresse S1 e S2 nas combinações E0G2, E0G3 e E1G1, diferindo nestes casos apenas da testemunha S0. O inverso acontece no peso médio de vagem verde (PMVV) e no peso médio de sementes verdes (PMSV), em que a cv. BRS Pajeú

aparece com as maiores médias entre os genótipos, com acréscimos de 19,17% em E0S1 e 26,27% em E0S2, respectivamente (Figuras 45 e 47).

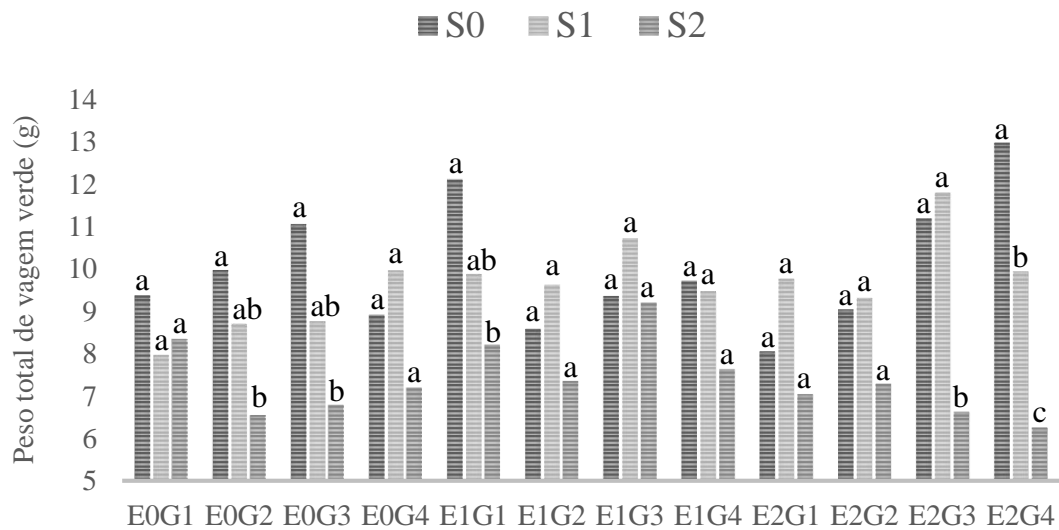


Figura 44. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável PTVV – Peso total de vagem verde (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1=BRS Itaim; G2=BRS Cauamé; G3=BRS Guariba; G4=BRS Pajeú

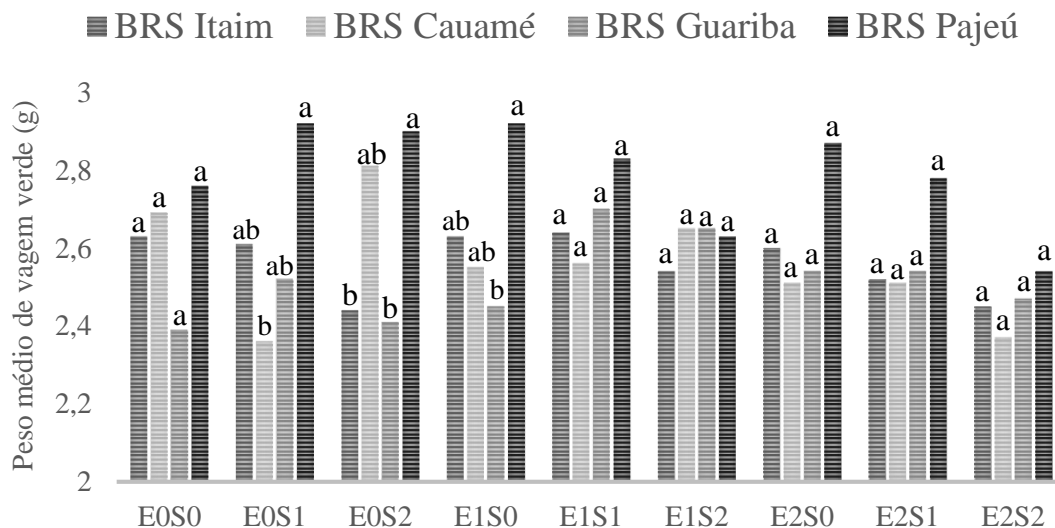


Figura 45. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável PMVV – peso médio de vagem verde (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva.

Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S)

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

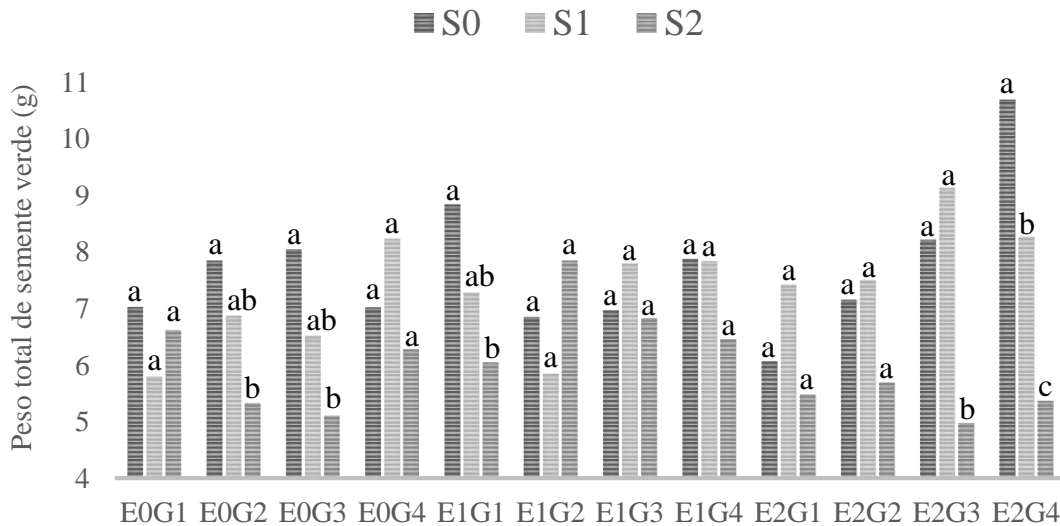


Figura 46. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável PTSV – Peso total de semente verde (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1 = BRS Itaim; G2 = BRS Cauamé; G3 = BRS Guariba; G4 = BRS Pajeú.

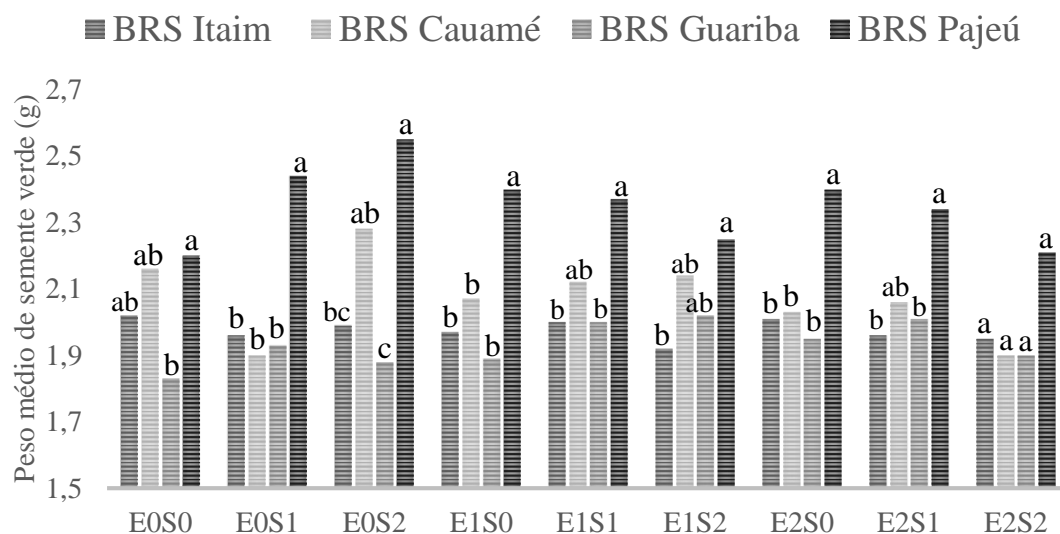


Figura 47. Teste de médias da interação tripla G x E x S para a variável PMSV – Peso médio de semente verde (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna

submetidos à pré-embebição sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x S).

E0S0 = Sem embebição e sem estresse; E0S1 = Sem embebição e com estresse na fase vegetativa; E1S0 = Com embebição e sem estresse; E1S1 = Com embebição e com estresse na fase vegetativa; E2S0 = Com embebição + secagem e sem estresse; E2S1 = Com embebição + secagem e com estresse na fase vegetativa.

Ressalta-se que mesmo o fator estresse afetando a massa total tanto das vagens quanto das sementes, não influenciou o peso médio das respectivas variáveis. Nascimento et al. (2004), ao avaliarem o efeito da variação de níveis de água disponível no solo, sobre o crescimento e a produtividade de vagens e grãos verdes do feijão Vigna, cultivar IPA 206, constataram que a diminuição na disponibilidade de água influencia significativamente o crescimento das plantas e a produtividade de grãos verdes.

Quanto ao número de vagens por planta (NVP), constata-se efeito dos tratamentos de estresse aplicados S1 e S2, sobre todos os genótipos, com exceção do ‘BRS Itaim’, com maior decréscimo identificada na combinação E0G3, cerca de 37,84% em relação às plantas que não passaram por estresse hídrico na mesma combinação (Figura 48).

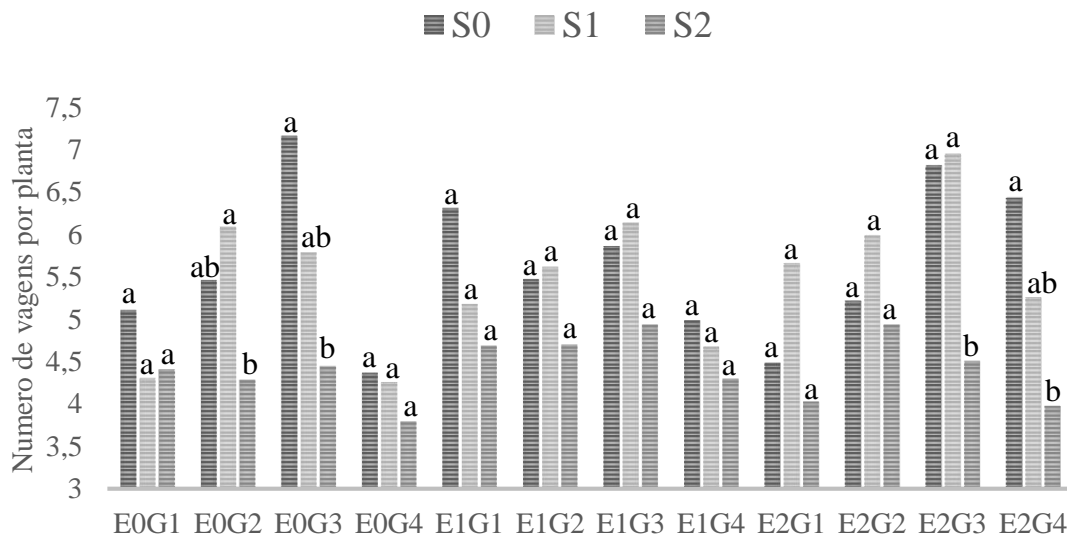


Figura 48. Teste de médias da interação tripla S x E x G para a variável NVP – Número de vagens por planta (Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$) de genótipos de feijão Vigna submetidos à pré-embebição de sementes e ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva. Campina Grande 2015. Pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) não diferem entre si os histogramas com mesma letra dentro das combinações (E x G).

S0 = Sem estresse; S1 = Estresse na fase vegetativa; S2 = Estresse na fase reprodutiva.

E0G1, E0G2, E0G3, E0G4 = Genótipos sem embebição; E1G1, E1G2, E1G3, E1G4 = Genótipos tratados com embebição; E2G1, E2G2, E2G3, E2G4 = Genótipos tratados com embebição + secagem.

G1 = BRS Itaim; G2 = BRS Cauamé; G3 = BRS Guariba; G4 = BRS Pajeú.

Mendes et al. (2007), trabalhando com relações fonte-dreno em genótipos de feijão de corda, submetidos à deficiência hídrica, relatam que a sua ocorrência resultou em reduções no peso de sementes por planta, e que o estresse hídrico imposto tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva, reduziu significativamente o número de vagens produzidas. Em outro experimento, Nascimento et al. (2004) relatam que o componente NVP foi severamente afetado pelos níveis de estresse hídrico impostos pelos tratamentos. Segundo Leite et al. (2000), tal comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos de resistência à seca utilizado por esta planta, no sentido de buscar melhores condições para superar a falta de água, produzindo menor quantidade de vagens.

5.6 Recuperação dos genótipos pós estresse

Na Tabela 13 está a classificação dos genótipos com base no critério de redução relativa da produção de sementes (g por planta), ao se comparar os dados de produção das plantas submetidas aos tratamentos de pré-embebição e estresse E0S1, E0S2, E1S0, E1S1, E1S2, E2S0, E2S1 e E2S2, aos obtidos em plantas que não passaram por nenhum tratamento de pré-embebição, nem foram submetidas a nenhum período de estresse (E0S0).

Com base nesse critério de classificação, verificou-se que na combinação E0S1 o genótipo ‘BRS Itaim’ foi moderadamente tolerante e os demais foram tolerantes; na combinação E0S2, os genótipos ‘BRS Itaim’ e ‘BRS Pajeú’ foram tolerantes, o ‘BRS Cauamé’ foi moderadamente sensível e o ‘BRS Guariba’ sensível; em E1S0 destacam-se ‘BRS Itaim’ e ‘BRS Pajeú’ como tolerantes, ‘BRS Cauamé’ e o ‘BRS Guariba’ como moderadamente tolerantes; na combinação E1S1 todos os genótipos foram tolerantes; quando submetidos a E1S2, tem-se o ‘BRS Pajeú’ como tolerante, o ‘BRS Itaim’ e o ‘BRS Guariba’ moderadamente tolerante e o ‘BRS Cauamé’ moderadamente sensível; na condição E2S0 observa-se as cvs. BRS Pajeú e Guariba como tolerantes e as cvs. BRS Itaim e Cauamé moderadamente tolerantes; para E2S1 o cv. BRS Cauamé é moderadamente tolerante e os demais são tolerantes e na combinação E2S2 tem-se o ‘BRS Itaim’ como moderadamente tolerante, o ‘BRS Cauamé’ moderadamente sensível, o ‘BRS Guariba’ sensível e o ‘BRS Pajeú’ tolerante.

Deve-se ressaltar que o ‘BRS Pajeú’ é o único que se mantém tolerante em todas as condições aplicadas, por outro lado têm-se o genótipo ‘BRS Cauamé’ aparecendo em algumas situações como moderadamente sensível e o ‘BRS Guariba’ sendo sensível, principalmente ao estresse na fase vegetativa (S2).

Tabela 13 – Classificação dos genótipos de feijão *Vigna* submetidos a tratamento de pré-embebição de sementes, quanto à tolerância ao estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva, mediante o critério de redução relativa da produção de sementes. Campina Grande, 2015.

Genótipos	E0S1				E0S2			
	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class
BRS Itaim	----	35,08	20 - 40	MT	----	5,47	< 20	T
BRS Cauamé	----	13,95	< 20	T	----	55,34	40 - 60	MS
BRS Guariba	----	34,44	20 - 40	T	----	61,28	> 60	S
BRS Pajeú	115,83	----	< 20	T	37,03	----	< 20	T
Genótipos	E1S0				E1S1			
	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class
BRS Itaim	49,63	----	< 20	T	2,42	----	< 20	T
BRS Cauamé	----	24,67	20 - 40	MT	----	4,98	< 20	T
BRS Guariba	----	28,21	20 - 40	MT	----	9,20	< 20	T
BRS Pajeú	98,09	----	< 20	T	85,66	----	< 20	T
Genótipos	E1S2				E2S0			
	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class
BRS Itaim	----	28,34	20 - 40	MT	----	26,23	20 - 40	MT
BRS Cauamé	----	46,21	40 - 60	MS	----	26,56	20 - 40	MT
BRS Guariba	----	32,88	20 - 40	MT	----	0,90	< 20	T
BRS Pajeú	42,41	----	< 20	T	197,36	----	< 20	T
Genótipos	E2S1				E2S2			
	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class	Ar (%)	Rr (%)	Fr	Class
BRS Itaim	8,41	----	< 20	T	----	39,33	20 - 40	MT
BRS Cauamé	----	21,57	20 - 40	MT	----	50,69	40 - 60	MS
BRS Guariba	21,94	----	< 20	T	----	65,12	> 60	S
BRS Pajeú	120,37	----	< 20	T	----	14,53	< 20	T

T – tolerante; MT – moderadamente tolerante; MS – moderadamente sensível e S - sensível
 Ar – aumento relativo; Rr – redução relativa; Fr – Faixa de redução; Class – Classificação
 E0 – sem pré-embebição; E1 – pré-embebição; E2 – pré-embebição + secagem
 S0 – sem estresse; S1 – estresse na fase vegetativa; S2 – estresse na fase reprodutiva

6. CONCLUSÕES

Os tratamentos de pré-embebição em água não influenciaram o percentual de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE).

O comprimento do hipocótilo e do epicótilo também não foram influenciados pelos tratamentos de pré-embebição (E1 e E2), com os menores valores mensurados na cv. BRS Pajeú.

Em diâmetro do caule valores mais altos foram registrados em ‘BRS Cauamé’, especialmente se submetido à combinação EOS0, em comparação à cv. BRS Pajeú. Maior redução no número de folhas, devido aos tratamentos de estresse S1 e S2 ocorreu na cultivar BRS Pajeú.

Os efeitos nocivos do estresse hídrico são mais evidentes nas trocas gasosas, sobretudo na transpiração e na fotossíntese líquida, constituindo-se a observação dessas variáveis, uma ferramenta útil na avaliação do estado fenológico do Vigna sob estresse hídrico.

O estresse na fase reprodutiva (S2) provocou danos ao fotossistema II do Vigna, com base em dados de fluorescência da clorofila ‘a’ principalmente nos genótipos ‘BRS Cauamé’ e ‘BRS Pajeú’.

Há fitomassa seca das plantas de Vigna foi afetada principalmente pelo estresse na fase reprodutiva (S2).

Os componentes de produção do feijão Vigna são afetados pelo déficit hídrico tanto na fase vegetativa quanto reprodutiva, sendo mais sensível a fase reprodutiva.

O ‘BRS Pajeú’ é o mais tolerante ao estresse hídrico. O genótipo ‘BRS Cauamé’, em algumas situações é moderadamente sensível e o Guariba é sensível, principalmente ao estresse na fase reprodutiva (S1).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR NETTO, A. O.; PEREIRA, F. A. C.; BARROS, A. C.; MELO, A. S. Quanto e quando irrigar. In: AGUIAR NETTO, A. O.; BASTOS, E. A. (Ed.). **Princípios agronômicos da irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Meio Norte, 2013.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; SANTOS, A. A. dos; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. da S.; ROCHA, M. de M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo de feijão-caupi** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Teresina: Embrapa-Meio Norte, 2002. 110 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de Produção, 2).
- ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E.; CORRÊA, M. R. Sementes de feijão submetidas a ciclos e períodos de hidratação-secagem. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.59, n.1, p.87-92, 2002.
- ARAÚJO, J. P. P.; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P.; FAGERIA, N. K.; OLIVIERA, I. P.; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA FILHO, A. **A cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.**: descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 82 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 18).
- ARAÚJO, J. P. P. de; SANTOS, A. A. dos; CARDOSO, M. J.; WATT, E. E. Nota sobre a ocorrência de uma inflorescência ramificada em caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Subsp. *unguiculata* no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.12, n.1/2, p.187 - 193, 1981.
- ARAÚJO NETO, A. C.; NUNES, R. T. C.; ROCHA, P. A. da.; ÁVILA, J. S.; MORAIS, O. M. Germinação e vigor de sementes de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de diferentes tamanhos. **Revista verde**, Mossoró, v. 09, n. 2, p. 71 – 75, 2014.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89 – 113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.
- BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S.; BRUNO, R. L. A.; MOMENTE, V. G. Efeito da pré embebição e aplicação de ácido giberélico na germinação de sementes de macela. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, p.185-190, 2006.
- BONFIM, F. P. G.; CASALI, V. W. D.; MENDONÇA, E. G.; MARTINS, E. R. Estresse hídrico em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tratado com o preparado homeopático de *Arnica Montana*. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v. 8, n. 14, p. 530, 2012.

- BONANNO, A. R.; MACK, H. J. Water relations and growth of snap beans as influenced by differential irrigation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, p.837-44, 1983.
- BRANDES, D.; MAESTRI, M. VIEIRA, C.; GOMES, F. R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de crescimento. **Experimentiae**, Viçosa, v.15, n.1, p.1-21, 1973.
- CÂMARA, G. M. S. Como a planta de soja se desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**. Trad. D. RICHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. n. 11, p.1-21, 1997.
- CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B. da; ROCHA, de M. R. Ciclo fenológico em *Vigna* (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**. v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. In: **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal, FUNEP. 2000. 588p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes, ciência, tecnologia e produção**. Fundação Cargill, Campinas, 1980. 326p.
- CASTRO, R. D; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira AG, Borghetti F (Eds) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed. p.149-62, 2004.
- CEZA - **Centro de Estudos para Zonas Áridas** (2008). Disponível em: <<http://www.bangor.ac.uk/priming>>.
- CHAVES, M. M.; MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S. Understanding plant responses to drought – from the genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v.30, p. 239-264, 2003.
- CRAUFURD, P. Q.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. J.; MENIN, L. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 1-12, 1996a.
- CRAUFURD, P. Q.; QI, A.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. J.; ROBERTS, E. H. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) II. Effect of temperature and saturation deficit on time to flowering in photoperiod insensitive genotypes. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 13-28, 1996b.
- CUSTÓDIO, C. C.; SALOMÃO, G. R.; MACHADO NETO, N. B. Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas a diferentes soluções osmóticas. **Revista Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 617-623, 2009.
- DAVIES, W.J.; ZHANG, J. Roots signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p. 55-76, 1991.
- DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.
- DUTRA, W. F.; OLIVEIRA, I. M. de.; DUTRA, A. F.; SANTOS, E. E. S.; MELO, A. S. de. Crescimento inicial de genótipos de feijão caupi cultivados sob estresse hídrico, In: **III CONAC - Congresso Nacional de Feijão Caupi**, Recife, p. 1-5, 2013.

- FAGERIA, N.K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H.R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H.R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, Cap.13, p. 205-218. 2010.
- FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, N. C. de.; BARROS, A. D. de. Pré embebição seguida de secagem sobre o desempenho de sementes de caupi, sob condições de déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 55-62, 1994.
- FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: **Reuniao Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**. UFSCar, 45, 2000, São Carlos. Anais... São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- FRANÇOIS, T. **Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão submetidas à irrigação deficitária**. Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria, 2012.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 28-92.
- FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de & WATT, E. E. (Org.) **O caupi no Brasil**. Brasília, ITA/EMBRAPA, p. 194-222. 1988.
- FREIRE FILHO, F. R. Origem , evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E.E. (Org). **O Caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP/Ibadan: IITA, p. 25-46, 1988.
- FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de; SANTOS, A. A. dos; SILVA, P. H. S. da. **Características botânicas e agrônômicas de cultivares de feijão macassar** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1981. 40p. (EMBRAPA-Teresina. Boletim de Pesquisa, 4).
- FREIRE FILHO, F.R; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M; SILVA, K.J.D.; NOGUEIRA, M.S.R; RODRIGUES, E.V. In: **Feijão-caupi no Brasil : produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2011.
- FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P.D.; SANTOS, C.A.F. **Melhoramento genético de Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na Região do Nordeste**. In: QUEIROZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina: EmbrapaCPATSA; Brasília, DF: Embrapa-Cenargen, 1999. Não paginado.Disponível em: <<http://www.cpatosa.embrapa.br/catalogo/livrorg/index.html>>. Acesso em: Jun. 2013.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa CPAMN, 2000. p. 6768 (Embrapa CPAMN, Circular Técnica)
- FLOSS, E.L. Fisiologia das plantas cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê. 4ª ed. **Revista Passo Fundo**. Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008.
- FUSCALDI, K. C.; PRAD, R. G. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.1, p.18-30, 2005.
- GATES, D.M. Transpiration and leaf temperature. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, Palo Alto, v. 19, p. 211–239, 1968.

- GENUCHTEN, M.T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v. 44, p. 892-898, 1980.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 01, p. 70-75, 2006
- GUIMARÃES, C. M.; ZIMMERMANN, M. J. **Deficiência hídrica em feijão**. In: Reunion de Trabajo sobre Mejoramiento en Frijol em Brasil con Enfasis en Tolerancia a Sequia, 1985, Cali. Anais...Cali: CIAT. p.15-28, 1985.
- GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. II. Produtividade e componentes agrônômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.7, p.481-488, 1996.
- GUIMARAES, M. A.; DIAS, D. C. F. dos S.; LOUREIRO, M. E. Hidratação de sementes. **Revista Tropica – Ciências Agrarias e Biológicas**, Chapadinha, v. 2, n. 1, p. 31, 2008.
- GUIMARÃES, M. de. A.; TELLO, J. P. de. J.; DAMASCENO, L. A.; VIANA, C. dos. S.; MONTEIRO, L. R. Pré-embebição de sementes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento de plântulas de melancia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 442-446, 2013.
- GWATHMEY, C. O. & HALL, A. E. Adaptation to midseason drought of cowpea genotypes with contrasting senescence traits. **Crop Science**, Madison, 32:773-778, 1992.
- ISMAIL, A. M.; HALL, A. E. & BRAY, E. A. Drought and pot size effects on transpiration efficiency and carbon isotope discrimination of a cowpea accessions and hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, Camberra, v. 21, p. 23-35, 1994.
- JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, c2004. 452 p.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Revista Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.
- KONIS, E. The effect of leaf temperature on transpiration. **Ecology**, Washington, D.C., v. 31, n. 1, p. 147-148, 1950.
- KLAR, A.E. Evapotranspiração. In: **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1988.
- KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, p. 489, 1983.
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, p. 495, 1995.
- LABOURIAU, L.G. **Germinação das sementes**. Organização dos Estados Americanos, Washington, 174p, 1983.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: ed. Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
- LEITE, M.L.; RODRIGUES, J.D.; VIRGENS FILHO, J.S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III - Produção. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, v.75, n.1, p.9-20, 2000.

- LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 10, n. 01, p. 43-51, 2004.
- LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; JÚNIOR, A. B. A. Resposta do feijão *Vigna* a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 79-86, 2007.
- LIMA, A. A. F. **Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walph] submetidas a deficiência hídrica: uma alternativa para a agricultura familiar do semiárido sergipano**. Dissertação de Mestrado, UFS, Sergipe, 2008.
- LIMA, C. B. de; VILLELA, T. T.; GOMES, M. de M.; BOAVENTURA, A. C. Tratamentos de pré-embebição e qualidade fisiológica de sementes de abóbora. **Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – v. 8, n. 2, 2013.**
- LIN, S. S.; FERRARI, G. V. Efeito da limitação da água disponível durante a pré-hidratação e posterior secagem sobre a germinação e vigor de sementes envelhecidas de soja (*glycine max* L.), **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 14, no 2, p. 113-117, 1992.
- MACHADO FILHO, J.A.; CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O.K.; FAGUNDES, J.R. Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro cultivado em condições de campo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n.2, p.185-196, 2006.
- MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo da cultura do "feijão-de-corda", fisiologia, ecologia e tecnologia da produção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP. 1979, 39 p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, Madson, v. 2, p.176-177, 1962.
- MAIA, A. J.; PEREIRA, P. S.; ROCHA, D. G. da F.; TÁVORA, F. J. F.; BARROS, L. M. Efeito do estresse hídrico no crescimento de plântulas de feijão de corda. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 9, n. 17, p. 876, 2103.
- MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S. CHAVES, M.M. Stomatal responses to leaf-to-air vapour pressure deficit in Sahelian species. **Australian Journal of Plant Physiology**. v.24, p.381-387, 1997.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.
- MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v.38, n.1, p. 95-103, 2007.
- MUMINOV, T.G. The effects of presowing seed treatment on the yield and disease resistance of melons. **Horticulture Abstract**, Wallingford, v. 45, p. 7360, 1975.
- MUMINOV, T.G. & AZIMOV, F. The effects of presowing seed treatment on the growth, development, yield and wilt of melons. **Horticulture Abstract**, Wallingford, v. 45, p. 7361, 1975.
- NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. Germinação de sementes – fatores externos (ambientais) que influenciam a germinação. **Informativo SEMENTES – IPEF** (1998).

- NASCIMENTO, S. P. N.; BASTOS, E. A.; ARAUJO, E. C. E.; FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão – caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.
- NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.174-177, 2004.
- NEVES, O. S. C. et al. Efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento e produção de material seca de mudas de andiroba (*Carapa guianensis*) cultivadas em solo de várzea. **Anais da FERTBIO 2002**. Rio de Janeiro: [s.n.] 2002. p. 88.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 75-87, 2001.
- OLIVEIRA, M.A.J.; BOVI, M.L.A.; MACHADO, E.C.; GOMES, M.M. DE A. HABERMANN, G.; RODRIGUES, J.D. Fotossíntese, condutância estomática, e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agrícola**, v.59, n.01, p.59-63, 2002.
- OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; REIS, E. F.; PEZZOPANE, E. M.; SILVA, A. F. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fonológicos do feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* L., cv. Capixaba precoce). **Engenharia na agricultura**, Viçosa-MG, v.16, n.3, p. 343-350, 2008.
- ONOFRE, A. V. C. **Diversidade genética e avaliação de genótipos de feijão Vigna contrastantes para resistência aos estresses bióticos e abióticos com marcadores SSR, DAF e ISSR**. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 2008.
- PÁEZ, A.; GONZÁLES, M.E.; YRAUSQUÍN, O.X., et al. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p.698-706, 1995.
- PAIVA, J. B.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. F.; ALMEIDA, F. C. G.; MACIEL, R. F. P.; OLIVEIRA H. G. de; QUEROZ, G. M. de; PINHO, J. L. N. de; PAULA, A. F. de; BENEVIDES, E. C. **Feijão de corda**. Fortaleza: UFCCCA, 1972. p.14. Relatório Técnico.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.161-169, 2005.
- PASSIOURA, J. B. Drought and drought tolerance. In: BELHASSEN, I. (Ed.). **Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological, and molecular biological analysis**. Dordrecht, Kluwer Academic, p.1-7,1997
- PEÑALOZA, A.P.S; EIRA, M.T.S. Hydration-dehydration treatments on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, p. 309-316, 1993.
- PEREIRA, W. E.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, C.; PUIATTI, M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 157, n. 4, p. 513-520, 2000.
- PIMENTEL, C.; HÉBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.11, n. 01, p. 7-11, 1999

- PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. de la C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p. 31-39, jan. 2000.
- RACHIE, K. O. Introduction. In: SINGH, S. R.; RACHE, K. O. (Ed.). **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley & Sons, 1985. p. 21-28.
- ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, Prague, v.40, p.13-29. 2002.
- SANTOS, R. F. & CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- SANTOS, F. S. **Biometria, germinação e qualidade fisiológica de sementes de *tabebuia chrysotricha* (mart. ex a. dc.) standl. provenientes de diferentes matrizes**. 2007. 36 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Jaboticabal, 2007.
- SCALLOPI, E. J.; SCARDUA, R. Variação do regime de umidade do solo durante o ciclo fenológico das plantas. In: **5º Congresso Nacional de Engenharia Agrícola**, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p.1-7, 1975.
- SELLSCHOP. J. P. F. Cowpeas. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field Crop Abstract**, Slough, v.15, n.4, p.259-266, 1962.
- SHIMAZAKI, K. I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Gainesville, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.
- SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C. de.; JUNIOR, C. D. da S. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010.
- SILVA, P. F. da.; ALENCAR, A. E. V. de.; SILVA, R. F. B. da.; SILVA, F. V. da.; NASCIMENTO, R. dos. Fluorescência de diferentes genótipos de feijão caupi irrigado com água salina, In: **III CONAC - Congresso Nacional de Feijão Caupi**, Recife, p. 1-5, 2013.
- SILVA, A. R. F. da. **Componentes de produção e fisiológicos em ecótipos de *Vigna* sob reposição hídrica**. Dissertação de Mestrado, UEPB, Campina Grande, 2014.
- SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JUNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67 – 74, 2006.
- SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKIM, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGHT, B.B.; KORMAMA, P. M.; TAMO, M. (ed.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan, Nigeria: IITA, p. 22-38, 2002.
- SINGH, P. B. Irrigation water management for bush snap bean production. **Horticultural Science**, Alexandria, v.24, p.69-70, 1989.
- SINGH, S.P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, Madison, v.35, p.118-124, 1995.
- SOUSA, E.B. M.; **Indicadores Físioquímicos para Seleção de Plantas de Algodão Herbáceo Tolerante à seca**. Mestrado em botânica, Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 90.f, 2008.

- SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C. M.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.6, p.586-592, 2011.
- SOUSAJÚNIOR, I. F. A. **Influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande-PB**. Campina Grande, PB, 2006. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande/UFPG.
- SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVA, J. A. B.; LAGÔA, M. M. A.; SILVEIRA, J. A. G. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v. 51, n. 1, p. 45-56, 2004.
- STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. **Structure, evolution, and adaptation to farming systems and environments in Vigna**. In: SUMMERFIELD, R. J.; BUNTING, A. H. (Ed.). Advances in legume science. Kew: Royal Botanic Garden, p. 393-404, 1980.
- SUBBARAO, G.V.; JOHANSEN, C.; SLINKARD, A.E.; RAO, R.C.N.; SAXENA, N.P. & CHAUHA, Y.S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critical Reviews in Plant Science**, Pearl River, v. 14, p. 469-529, 1995.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Arned, 2009. 848 p.
- TEIXEIRA, N. J. P.; MACHADO, C. de F.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. DE M.; GOMES, R. L. F. Produção, componentes de produção e suas interações em genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In: **Congresso Nacional De Feijão-Caupi, 1.; Reuniao Nacional De Feijão-Caupi, 6.**, 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: Anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.
- TÉOFILO, E. M.; MAMEDE, F. B.; SOMBRA, N. S. Hibridação natural em feijão caupi. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p.1011 - 1012, 1999.
- TEÓFILO, E. M.; PAIVA, J. B.; MEDEIROS FILHO, S. Polinização artificial em feijão caupi. (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25 n.1, p. 220 - 223, 2001.
- TURK, K.J.; HALL, A.E.; ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 413-420, 1980.
- VALE, N. M. BARILI, L. D. ROZZETO, D. S. STINGHIN, J. C. COIMBRA, J. L. M. GUIDOLIN, A. F. KOOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, n. 25, v. 3, p. 135-144, 2012.
- VAN KOOTEN, O.; SNEL, J. F. H. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. **Photosynthesis Research**, The Hague, v.25, p.147-150, 1990.
- VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 17, n. 1-3, p. 76-83, 2007.
- VERDOLIN-BENEDITO, P.; CURIEL, A. C.; MORAES, C. P. de. Influência do período de pré-embebição e de diferentes concentrações de ácido giberélico na germinação e crescimento de mimosa caesalpiniaefolia benth. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.5, n.3, p. 593-604, 2012.

ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 157 – 161, 2006.

WATT, E. E. **First annual report on the EMBRAPA/IITA - Cowpea Program in Brasil**. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, p. 55, 1978.