

## TROCAS GASOSAS EM FAMÍLIAS DE AMENDOIM ORIUNDAS DE RETROCRUZAMENTO COM ANFIDIPLÓIDE SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO

Wellison Filgueiras Dutra (1); Jean Pierre Cordeiro Ramos (1); José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (2); Roseane Cavalcanti dos Santos (2)

(1) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil, wfilgueiras@gmail.com; (2) Laboratório de Biotecnologia, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, Brasil, roseane.santos@embrapa.br.

### Introdução

O amendoim (*Arachis hipogaea* L.) é uma importante oleaginosa produzida em várias partes do mundo, devido à larga adaptação ambiental aliada ao alto valor seus grãos, tanto para o mercado alimentício como para o oleoquímico. Em nível mundial, a produção estimada de amendoim é de 41,09 milhões de toneladas, o que coloca no posto da quarta oleaginosa mais produzida, atrás apenas da soja, colza e girassol, respectivamente (USDA, 2016).

No Brasil, a área total ocupada com amendoim ultrapassou 134 mil hectares com produção superior a 445 mil toneladas e produtividade média de 3.317 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016). Destaque-se que, entre as regiões produtoras, o Sudeste contribui com mais de 94% da produção nacional, enquanto que o Nordeste contribui com apenas 2,6%. A disparidade entre estas regiões também pode ser observada quando comparadas as produtividades médias (3.524 kg ha<sup>-1</sup> e 1.280 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), o que pode ser relacionado com a irregularidade das chuvas e a ocorrência de veranicos durante o cultivo do amendoim no Nordeste. Segundo Pereira et al. (2016), o déficit hídrico é um dos fatores mais limitantes para a produção agrícola em regiões áridas e semiáridas.

Destaque-se que as respostas das plantas às condições de déficit hídrico variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição, fatores edáficos, entre outros (Nascimento et al., 2011), sendo mais comum a redução da produtividade. Esse fato deve-se, justamente, a inviabilização do processo fotossintético, visto que, nessas condições as trocas gasosas podem ser alteradas tanto por limitações difusivas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que diminui a eficiência de carboxilação, como por limitações metabólicas da atividade dos cloroplastos provocadas pela fotoinibição (Lisar et al., 2012). Desta maneira, a avaliação das trocas gasosas representa uma importante ferramenta para o diagnóstico da integridade do aparato fotossintético em detrimento do déficit hídrico (Gonçalves et al., 2010; Silva et al., 2015).

O programa de melhoramento do amendoim voltado às condições semiáridas do Nordeste brasileiro é desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a qual visa o desenvolvimento de cultivares adaptadas a ambientes com baixa disponibilidade de água (Santos et al., 2013; Silva et al., 2016). Ressalte-se que a utilização de espécies silvestres como recurso genético, tanto por compatibilidade reprodutiva como por controle do nível de ploidia, expande as possibilidades de obtenção de cultivares de alto potencial econômico (Valls e Simpson, 2005).

Dentro desta perspectiva, uma importante estratégia de melhoramento do amendoim é a utilização de anfidiplóides como fonte de alelos de interesse, os quais podem ser introgridos ao genoma das espécies cultivadas, melhorando, por exemplo, a tolerância ao déficit hídrico. É importante frisar ainda, que a tolerância das espécies ao estresse hídrico possui grande variabilidade intra e interespecífica, o que torna importante a avaliação do comportamento fisiológico de

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

diferentes materiais genéticos em condições de deficiência hídrica (Ribeiro et al., 2004; Gonçalves et al., 2010). Estas avaliações podem subsidiar a identificação de materiais mais relevantes, visando a otimização do cultivo em regiões com ocorrência de períodos de estiagem, a exemplo do semiárido nordestino. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações nas trocas gasosas de famílias de amendoim oriundas de retrocruzamento entre a cultivar BR1 e um anfidiplóide sintético em diferentes condições de déficit hídrico no solo.

## Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no período compreendido entre novembro e dezembro de 2015, em casa de vegetação pertencente a Embrapa Algodão localizada no município de Campina Grande-PB (7° 13' 50" S, 35° 52' 52" W a 551 m de altitude).

Durante o período experimental foi coletado os dados de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa máxima e mínima do ar por meio de termo higrômetro instalado no interior da casa de vegetação. A temperatura média do ar e a umidade relativa média do ar variaram de 21,2 °C a 45,2 °C e de 34% a 87% durante o desenvolvimento do experimento, respectivamente.

O estudo constou do cultivo de 13 famílias de amendoim submetidas à deficiência hídrica no período de pré-floração e floração plena (24 aos 31 dias após a emergência). As famílias utilizadas foram oriundas de retrocruzamento entre a cultivar BR1 e um anfidiplóide sintético [BR1 x (K9484 X SeSn 2848)], o qual foi gerado a partir do cruzamento de dois acessos diploides (K9484 X SeSn 2848), seguido da duplicação de seu número base de cromossomos, com a cultivar BR1. As cultivares BR1 e 55 437, além da linhagem LViPE-06 foram utilizadas como tratamento comuns (testemunhas).

As plantas foram cultivadas em vasos com volume de 25 litros preenchidos com solo franco arenoso e adubado de acordo com a recomendação para a cultura (Santos et al., 2005). A reposição hídrica foi baseada na evapotranspiração da cultura (ETc) estimada com o auxílio de tanque de evaporação instalado no interior da casa de vegetação. As regas foram realizadas diariamente até os 24 dias após a emergência (DAE), período no qual foram totalmente suspensas.

As avaliações fisiológicas foram realizadas na terceira folha totalmente expandida, a contar do ápice, entre 7:30 e 10:00 horas da manhã, aos 0 (irrigado) e 7 dias após a suspensão da irrigação. Foram determinados os seguintes parâmetros de trocas gasosas: condutância estomática (gs) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração (E) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), fotossíntese líquida (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de carbono (Ci) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) utilizando-se de um analisador de gás infravermelho (IRGA) portátil (ACD, modelo LCPro SD, Hoddesdon, UK) com fonte de luz acoplada de 1600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; de posse destes dados foram estimadas a eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ ] e eficiência instantânea no uso da água (A/E) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$ ] (Melo et al., 2010; Silva et al., 2015).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições, sendo a parcela útil composta por uma planta. Os dados fisiológicos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as médias das famílias e dos tratamentos comuns foram submetidas ao teste de Scott Knott ( $p \leq 0,05$ ) (Storck et al., 2011), utilizando-se do *software* Sisvar (Ferreira 2008).

## Resultados e Discussão

Foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre as médias das famílias de amendoim em ambas as condições hídricas, irrigado e 7 dias de suspensão da irrigação, para todas as variáveis em estudo. A suspensão da irrigação alterou estatisticamente ( $p < 0,01$ ) as trocas gasosas

das famílias de amendoim (Figura 1). As alterações nas trocas gasosas são comumente observadas em situações de deficiência hídrica, visto que nestas condições há uma redução no potencial hídrico e no turgor dos tecidos fotossintetizantes, o que causa dificuldades para a execução normal de suas funções fisiológicas (Lisar et al., 2012).

O movimento estomático é o principal mecanismo de controle das trocas gasosas em plantas superiores, visto que tanto o influxo de CO<sub>2</sub> como o efluxo de água, via transpiração, ocorrem através dos estômatos (Silva et al., 2015). No presente estudo, a condutância estomática (gs) e a transpiração (E) foram reduzidas significativamente com a suspensão da irrigação em todos os materiais avaliados (Figura 1A e 1B). Destaque-se que a maior redução percentual de gs foi averiguada na LViPE-06 (286,9%), a qual atingiu também o menor valor (0,06 mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) observado entre os materiais em estudo com 7 dias de suspensão da irrigação. Resposta semelhante foi observada para a E, onde a LViPE-06 teve a segunda maior redução (111,1%), atrás apenas da família RC48 (119,4%). Esta linhagem possui porte rasteiro, ciclo tardio e pouca tolerância ao estresse hídrico quando comparada com genótipos de porte ereto e ciclo precoce (Pereira et al., 2012; Duarte et al., 2013; Pereira et al., 2016). Dessa maneira, a redução brusca da gs e, conseqüentemente, da E, podem ser relacionadas com a sensibilidade ao déficit hídrico, visto que nestas condições as plantas sensíveis tendem a modificar mais rápido sua fisiologia, visando manter o conteúdo de água necessário para o funcionamento da célula, ocasionando, no entanto, maiores limitações à entrada de CO<sub>2</sub>.

Por outro lado, menores reduções em gs podem proporcionar o pleno fluxo de CO<sub>2</sub> para o interior da folha, reduzindo as limitações à fotossíntese em condições de baixa disponibilidade de água. Segundo Magalhães Filho et al. (2008), o fechamento dos estômatos é a primeira linha de defesa da planta para enfrentar a deficiência hídrica no solo, isto se deve a necessidade de diminuição da perda de água pelos estômatos (transpiração), a qual influencia diretamente o influxo de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática. Nesse estudo, as menores reduções na gs foram observadas nas famílias RC53 (24,3%) e RC74 (36,9%), seguidas das cultivares 55 437 (45,6%) e BR1 (51,4%), enquanto que para E as menores reduções foram verificadas para RC53, 55 437 e RC78 com percentuais de 13,3%, 13,7% 16,3%, respectivamente. Destaque-se que as cultivares BR1 e 55 437 são reconhecidamente tolerantes as condições de deficiência hídrica, sendo a BR1 recomendada para o cultivo no Nordeste brasileiro (Granja et al., 2009; Duarte et al., 2013; Ramos et al., 2015; Pereira et al., 2015; Pereira et al., 2016), isso indica que os materiais com comportamento semelhante a essas cultivares podem possuir tolerância ao déficit hídrico, necessitando, porém, de outros estudos mais aprofundados. É importante enfatizar ainda que a cultivar BR1 é o pai recorrente das 13 famílias avaliadas.

Como esperado, a redução da condutância estomática resultou no decréscimo da concentração interna de carbono (Ci) e, conseqüentemente, na fotossíntese líquida (A) em todos os materiais avaliados sob suspensão da irrigação (Figura 1C e D). Segundo Silva et al. (2015) isto ocorre por que a baixa disponibilidade de água no solo causa o fechamento estomático e, com isso, limita a entrada de carbono na célula, além de aumentar os danos ao fotossistema causados pelo excesso de energia, visto que com a transpiração reduzida, tem-se a diminuição do arrefecimento das folhas.

As maiores reduções na fotossíntese líquida foram averiguadas na linhagem LViPE-06 (97,9%) seguida da família RC42 (88,8%). Tendência semelhante foi observada para a concentração interna de carbono, onde a LViPE-06 teve redução 8,9%, atrás apenas da RC70 com 13,9%. Os menores valores de A encontrados para LViPE-06 e RC42 (Figura 1C) podem estar associados ao mecanismo de fechamento dos estômatos, o que resultou em uma queda brusca do conteúdo de CO<sub>2</sub>, um dos fatores limitantes para a fotossíntese (Silva et al., 2015). Esta inferência pode ainda ser confirmada pelas reduções observadas na eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) (Figura 1E).



Por ser diretamente dependente da disponibilidade de  $\text{CO}_2$  no mesófilo da folha, a  $A/C_i$  é limitada em situações de baixa condutividade estomática, visto que nessas condições a planta utiliza o  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração para manter um nível mínimo da taxa fotossintética, o que a torna limitada (Taiz e Zeiger, 2009).

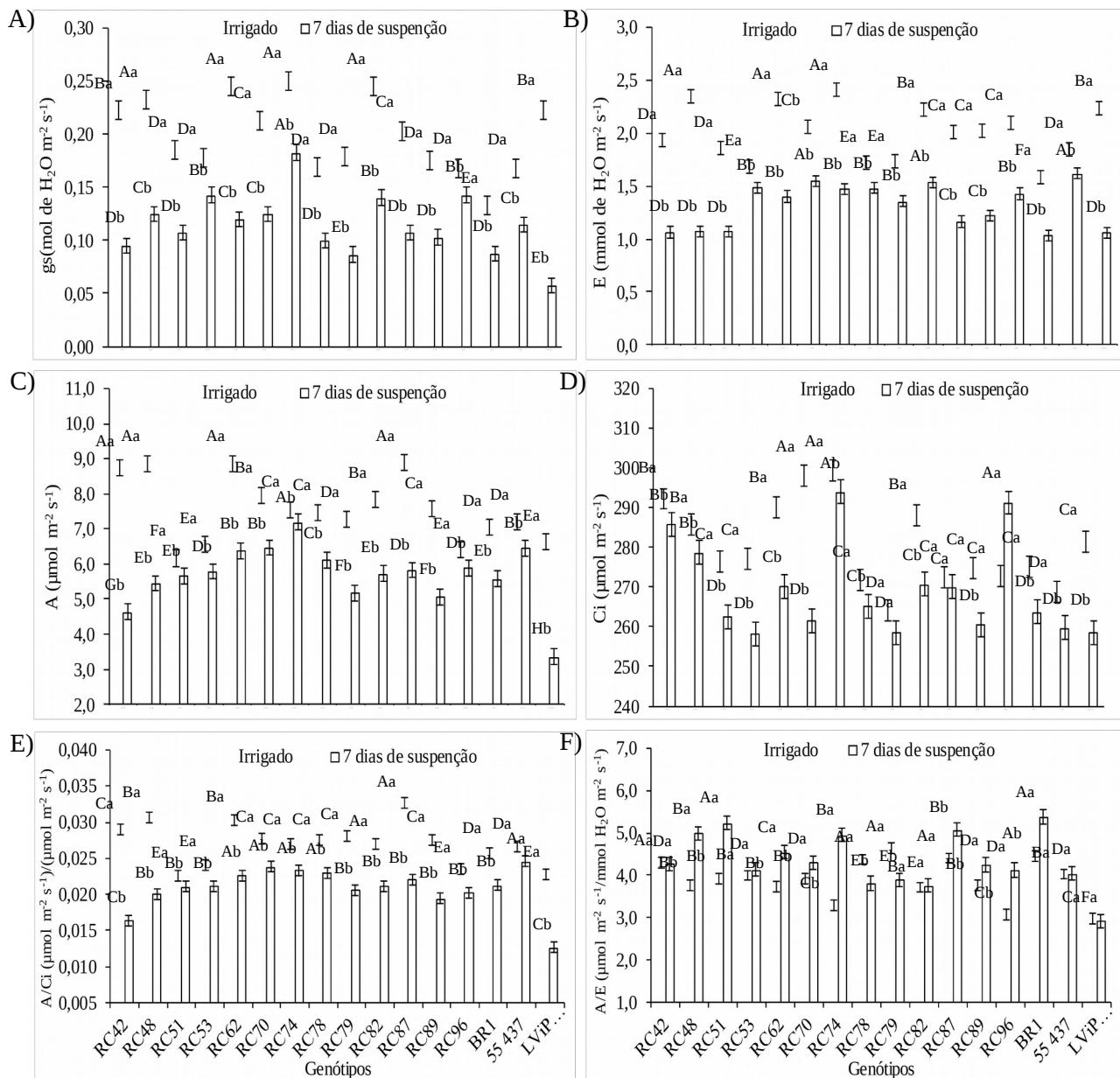


Figura 1: Condutância estomática (A), transpiração (B), fotossíntese líquida (C), concentração interna de carbono (D), eficiência instantânea de carboxilação (E) e eficiência no uso da água (F) de famílias de amendoim oriundas do retrocruzamento entre a cultivar BR1 e um anfidiplóide sintético em diferentes condições hídricas. As barras de erro representam o erro padrão. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença significativa entre os materiais avaliados, enquanto que as letras minúsculas indicam diferença entre as condições hídricas (teste de Scott Knott,  $p < 0,05$ ).

As menores reduções da fotossíntese foram encontradas para as famílias RC74 (5,1%), RC51 (8,9%) e RC96 (9,0%), resultados bem próximos dos observados para a cultivar tolerante 55 437 (11,4%). Menores reduções em A/Ci também foram observadas para estes materiais (Figura 1E). Estes resultados são muito importantes do ponto de vista fisiológico, pois se tratando de um processo diretamente associado à produção vegetal, a manutenção, ou baixa redução, dos níveis da taxa fotossintética podem garantir a produtividade final da cultura mesmo em condições limitantes, como é o caso da deficiência hídrica no solo.

A relação entre a taxa fotossintética (A) e a transpiração (E) indica a eficiência instantânea no uso da água, sendo os valores referentes a quantidade de carbono fixado por unidade de água perdida para atmosfera (Jaimez et al., 2005). Assim, o aumento observado para a relação A/E da cultivar BR1 e das famílias RC48, RC51, RC62, RC70, RC74, RC87, RC89 e RC96 podem estar relacionado com a maior capacidade de manutenção das taxas fotossintéticas aliado à redução das taxas de transpiração, via fechamento dos estômatos, diferentemente do observado para a linhagem LViPE-06 (Figura 1F). Assim, pode-se inferir que entre as famílias estudadas, as citadas acima possuem características de tolerância ao estresse hídrico, com destaque para RC51, RC74 e RC96 que tiveram também os melhores desempenhos para A e A/Ci, podendo ser utilizadas em pesquisas futuras visando à obtenção de novas cultivares.

## Conclusões

As famílias de amendoim expressaram variações nas trocas gasosas em diferentes condições de déficit hídrico no solo;

Entre as famílias oriundas de anfidiplóide, as mais tolerantes à deficiência hídrica no solo são RC51, RC74 e RC96, o que indica sucesso na introgressão de alelos de interesse.

## Referências Bibliográficas

- DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. de A.; SANTOS, R. C. Características agrônômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental*, v.17, n.8, p.843–847, 2013.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análise de ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, n. 2, p.36-41, 2008.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V. ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.4, p.378-386, 2010.
- GRANJA, M. M. C.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Análise genética em uma população intraespecífica de amendoim baseada em descritores fenotípicos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, p.257-260, 2009.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v.29, n.8, p.1-79, Augusto 2016.
- JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA-NUÑEZ, C.; AZOCÁR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. *Scientia Horticulturae*, v.104, p.79-89, 2005.

- LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. Water stress in plants: causes, effects and responses. In: RAHMAN, I. M. M, Water Stress, Rijeka: INTECH, 2012, p. 1-14.
- MAGALHAES FILHO, J. R., AMARAL, L. R., MACHADO, D. F. S. P., MEDINA, C. L., MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeiras 'Valencia' sobre dois tipos de portas-enxerto. *Bragantia*, v. 66, p.75-82, 2008.
- 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*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.
- PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBURQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. E.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. *Ciência Agrônômica*, v.43, n.4, p.766-773, 2012.
- PEREIRA, J. W. L.; SILVA, E. C. A.; LUZ, L. N.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A.; LIMA, L. N.; SANTOS, R. C. Cluster analysis to select peanut drought tolerance lines. *Australian Journal of Crop Science*, v.9, n.11, p.1095-1105, 2015.
- PEREIRA, J. W. L.; ALBUQUERQUE, M. B., MELO FILHO, P. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, L. M.; SANTOS, R. C. Assessment of drought tolerance of peanut cultivars based on physiological and yield traits in a semiarid environment. *Agricultural Water Management*, v.166, p.70-76, 2016.
- SANTOS, R. C.; GODOY, J. I.; FÁVERO, A. P. Melhoramento do amendoim. In: Santos, R. C (ed.), *O agronegócio do amendoim no Brasil*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005.
- SANTOS, R. C.; QUEIROZ, C. M.; BATISTA, V. G. L.; SILVA, C. R. C.; PINHEIRO, M. P. N.; GALVÃO FILHO, A. L. A.; MELO FILHO, P. A.; LIMA, L. M. Variabilidade de progênies F2 de amendoim geradas por meio de seleção de genitores ISSR-divergentes. *Revista Ciência Agrônômica*, v.44, p.578-586, 2013.
- SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.10, p.946-952, 2015.
- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; 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.
- RAMOS, J. P. C.; LUZ, L. N.; CAVALCANTI, J. J. V.; LIMA, L. M.; FREIRE, R. M. M.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Clustering fastigiata peanut accessions for selection of early-mature types suitable for the food Market. *Australian Journal of Crop Science*, v.9, n.11, 2015.
- RIBEIRO, R. V.; SANTOS, M. D.; SOUZA, G. M.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F.; ANGELOCCI, L. R.; PIMENTEL, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.7, p.615-623, 2004.
- SILVA, R. A.; RAMOS, J. P. C.; LUZ, L. N.; CAVALCANTI, J. J. V.; LIMA, L. M.; FREIRE, R. M. M.; SILVA, C. R. C.; SANTOS, R. C. Assessment of genetic divergence in runner peanut genotypes grown in the Brazilian Northeast environments. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.16, p.1456-1462, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- USDA, United States Department of Agriculture. *Oilseeds: world markets and trade*. Foreign Agricultural Service, 38p., August 2016.
- VALLS, J. F. M.; SIMPSON, C. E. New species of *Arachis* (Leguminosae) from Brazil, Paraguay and Bolivia. *Bonplandia*, v.14, p. 35-64, 2005.