

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM GENÓTIPOS DE AMENDOIM**

**Willians César Carrega**

Biólogo

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM GENÓTIPOS DE AMENDOIM**

**Willians César Carrega**

**Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves**

**Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Javier Haro**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia, Produção Vegetal.

**2017**

C314d Carrega, Willians César  
Deficiência hídrica em genótipos de amendoim / Willians César  
Carrega. -- Jaboticabal, 2017  
iv, 107 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017  
Orientador: Pedro Luis da Costa Aguiar Alves  
Coorientador: Ricardo Javier Haro  
Banca examinadora: João Francisco dos Santos, Cibele Chalita Martins, Mariluce Pascoalina Nepomuceno, Marcos Doniseti Michelotto  
Bibliografia

1. *Arachis hypogaea* L. 2. Estresse hídrico. 3. Seca. 4. Eficiência no uso da água. 5. Eficiência no uso da radiação. 6. Rendimento. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.11:633.368

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM GENÓTIPOS DE AMENDOIM

AUTOR: WILLIANS CÉSAR CARREGA

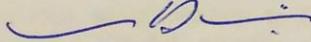
ORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

COORDENADOR: RICARDO JAVIER HARO JUÁREZ

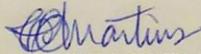
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



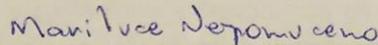
Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES  
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal



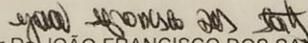
Prof. Dr. MARCOS DONISETI MICHELOTTO  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Pindorama/SP



Profa. Dra. CIBELE CHALITA MARTINS  
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pós-doutoranda MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO  
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pesquisador DR. JOÃO FRANCISCO DOS SANTOS  
Instituto Agronômico de Campinas / Campinas/SP

Jaboticabal, 12 de abril de 2017.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**WILLIANS CÉSAR CARREGA:** Filho de Nelson Osmar de Freitas Carrega e Maria de Lourdes Rodrigues Carrega nasceu no município de Catanduva, São Paulo, no dia 15 de abril de 1988. No primeiro semestre de 2006 ingressou no curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Catanduva - IMES/FAFICA e Instituto Municipal de Ensino Superior de Catanduva - IMES Catanduva, concluindo o curso de Licenciatura no ano de 2008 e Bacharelado em 2009. No ano de 2005 e entre 2007 a 2009 realizou estágio na unidade de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Regional Centro Norte, localizado no município de Pindorama – SP, sendo bolsista da Fundação do Desenvolvimento Administrativo (FUNDAP). No ano de 2010 foi bolsista de Aperfeiçoamento Técnico da Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG) no Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). No decorrer dos estágios e durante a graduação auxiliou no desenvolvimento de projetos científicos na área de Biologia e Agronomia. Em 2011, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia, pelo programa de Produção Vegetal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal, atuando na linha de pesquisa sobre maturadores vegetais, com bolsa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), que possibilitou a elaboração da dissertação, o qual, resultou no título de Mestre no ano de 2013. No segundo semestre de 2013, ingressou no curso de Doutorado em Agronomia, pelo programa de Produção Vegetal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), atuando na temática sobre estresse hídrico na cultura do amendoim. Nesse período, realizou doutorado Sanduiche na Estação Experimental Agropecuária Manfredi, pertencente ao Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA), Córdoba, Argentina, atuando na área de estresse hídrico com ênfase no uso eficiente da água e da radiação. Também foi Coordenador do Encontro Sobre a Cultura do Amendoim durante a décima primeira, décima segunda e décima terceira edição do evento e organizador da nona e décima edição. Também participou da organização de outros eventos científicos, atuando como organizador e membro da comissão científica e editorial. Foi membro de banca avaliadora de trabalhos de conclusão de curso e atualmente é membro da equipe de pesquisa do Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) e revisor de periódicos como: International Journal of Plant Breeding and Crop Science, Revista Brasileira de Herbicidas e Revista Brasileira de Sementes.

## *Dedico*

À **Deus**, pela existência e possibilidade de concretizar este trabalho.

À minha família, meu pai **Nelson Osmar de Freitas Carrega**, minha mãe **Maria de Lourdes Carrega** e ao meu irmão **Alex Jorge Carrega** por ser o alicerce de toda minha formação, com dedicação e amor, não medindo esforços para minha formação, não só profissional, mas também no meu desenvolvimento como pessoa, me ensinando o certo e o errado e sendo meu maior exemplo de vida. Por eles, tenho minha eterna gratidão.

## *Epígrafes*

*“O Senhor é meu pastor, nada me faltará”.*

**Salmo 22**

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

**Madre Teresa de Calcutá**

## AGRADECIMENTOS

À **Deus** que sem ele não somos nada.

À **minha família** por todo apoio, dedicação, ajuda e amor dedicado a mim.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves** pela orientação com muito profissionalismo e competência, pelos conhecimentos fornecidos, pela compreensão, amizade e, especialmente, pela confiança em mim depositada ao assumir a orientação.

Ao meu coorientador **Dr. Ricardo Javier Haro** (Pesquisador Científico do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - INTA, Argentina) pela coorientação e valiosas sugestões, ensinamentos e contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho e pela amizade dispensada.

Ao **Dr. Ignácio José de Godoy** (Pesquisador Científico do Instituto Agrônomo de Campinas) e ao **Dr. Jorge Javier Baldessari** (Pesquisador Científico do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária - INTA, Argentina) por disponibilizar os genótipos para o desenvolvimento dos experimentos, pela amizade e orientações.

Ao Pesquisador Científico **Dr. Everton Luis Finoto**, a **Prof. Dra. Maria Aparecida Pessoa da Cruz Centurion** e a **Prof. Dra. Priscila Lupino Gratão** pelo auxílio em banca na qualificação.

Aos membros que compuseram a banca examinadora da Tese, **Dr. Marcos Doniseti Michelotto**, **Dra. Cibele Chalita Martins**, **Dr. João Francisco dos Santos** e **Dra. Mariluce Pascoalina Nepomuceno** pelas sugestões e correções apresentadas.

Aos Amigos **Dr. Marcos Doniseti Michelotto** e **Dr. Everton Luis Finoto** (Pesquisador Científico da APTA, Polo Regional Centro Norte) pelos ensinamentos, amizade e motivação para seguir em busca da vida acadêmica.

À **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV)**, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, Departamento de Biologia Aplicada a Agropecuária (DBAA), pela oportunidade de realização dos trabalhos e pela obtenção do título de Doutor.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** pela concessão da bolsa de estudos (Proc. 142462/2013-6).

À direção do **Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA)**, Córdoba, Argentina, pela colaboração e autorização para implantação do experimento na unidade de pesquisa, no município de Manfredi.

Aos **pesquisadores, estagiários e funcionários** da Estação Experimental Agropecuária Manfredi, pela ajuda e amizade.

À **Tamiris Marion de Souza, Melina Zacarelli Pirota e Jaqueline Jordão** pela amizade, parceria e companheirismo durante as muitas horas de diversão (durante os momentos de descanso) e por me fazer esquecer de muitos problemas enfrentados durante o dia-a-dia.

Aos **Professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal)** da FCAV/UNESP - Jaboticabal, pelos ensinamentos.

Aos **funcionários do Departamento de Produção Vegetal**, FCAV/UNESP – Jaboticabal, particularmente ao **José Valcir Fidelis Martins**, pelo auxílio em várias ocasiões durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos do **Laboratório de Plantas Daninhas** (LAPDA) pela ajuda para realização deste trabalho, pela dedicação, amizade, aprendizado e disposição para ajudar a todos. Agradeço em especial aos amigos que compartilharam momentos de grande dificuldade na elaboração de trabalhos científicos, na implantação de experimentos e relatórios, e que compartilharam também momentos de alegria proporcionando lembranças inesquecíveis em muitas comemorações e festinhas dentro e fora do LAPDA. Deixo aqui meu agradecimento mais que especial à Andreísa Flores Braga, Amanda Rodrigues Gonzalez, Ana Rosália Calixto da Silva Chaves, Anne Elise Cesarin, Antonio Pizolato Neto, Arthur Arrobas Martins Barroso, Bruna Pires da Silva, Cárita Liberato do Amaral, Felipe da Cunha Alves, Fernanda Campos Mastrotti Pereira, Fernanda Nunes Bressanin, Gianmarco José Tironi Gallardo, Isa Marcela, Izabela Orzari, Juciléia Irian dos Santos, Mariluce Pascoina Nepomuceno, Marina Alves Gavassi, Mirela Peroni Garcia, Nelson Jayme Neto, Neriane Hijano, Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins, Rita de Cássia Alves, Serena Capriogli Oliveira, Thiago Souza Oliveira, Vinicius Marin Diniz, Wendy Colombo e todos amigos do Lapda que já terminaram sua vida acadêmica e que fizeram parte de momentos especiais durante meu doutorado.

À todos aqueles que, direta e indiretamente, colaboraram para que este trabalho fosse realizado.

**Muito obrigado!**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>iv</b>
<b>CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais</b> .....	<b>1</b>
INTRODUÇÃO .....	1
REVISÃO DE LITERATURA .....	2
Aspectos gerais do amendoim .....	2
Importância econômica do amendoim .....	4
Produção Mundial .....	4
Produção Nacional .....	5
Deficiência hídrica .....	6
Deficiência hídrica na cultura do amendoim .....	8
HIPÓTESE .....	9
OBJETIVOS GERAIS.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
REFERÊNCIAS .....	11
<b>CAPÍTULO 2 - Qualidade fisiológica de sementes de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica</b> .....	<b>15</b>
RESUMO.....	15
ABSTRACT - .....	15
INTRODUÇÃO .....	16
MATERIAL E MÉTODOS .....	17
RESULTADOS .....	18
DISCUSSÃO .....	29
CONCLUSÃO.....	32
<b>CAPÍTULO 3 – Ceras epicuticulares e características fisiológicas de genótipos de amendoim submetidos à deficiência hídrica</b> .....	<b>36</b>
RESUMO.....	36
ABSTRACT .....	37
INTRODUÇÃO .....	38
MATERIAL E MÉTODOS .....	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS .....	49
<b>CAPÍTULO 4 - Condições hídricas e espaçamento entre linhas em cultivares com hábitos de crescimento contrastantes: Efeitos sobre a morfologia, eficiência no uso da água, radiação e rendimento</b> .....	<b>52</b>
RESUMO.....	52
ABSTRACT .....	53
INTRODUÇÃO .....	54
MATERIAL E MÉTODOS .....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
Morfologia .....	59
Biomassa seca total corrigida .....	63
Consumo de água.....	64

Eficiência no uso da água .....	66
Fração de interceptação da radiação .....	67
Eficiência no uso da radiação .....	69
Produtividade .....	71
CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS.....	73
<b>CAPITULO 5 - Viabilidade dos ginóforos em genótipos de amendoim: Respostas da impedância, disponibilidade hídrica e temperatura.....</b>	<b>78</b>
RESUMO.....	78
ABSTRACT .....	79
INTRODUÇÃO .....	80
MATERIAL E MÉTODOS .....	82
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
Experimento 1 .....	84
Experimento 2.....	88
CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS.....	91
<b>CAPITULO 6 - Considerações Finais.....</b>	<b>94</b>

**RESUMO** – No cultivo do amendoim, as plantas estão sujeitas a vários estresses, sejam de natureza biótica ou abiótica. Entre os principais fatores abióticos, a deficiência hídrica é considerada um dos maiores entraves durante o processo produtivo. Diante disso, a compreensão dos mecanismos adaptativos utilizados pelas plantas para tolerar a deficiência hídrica é de suma importância para a tomada de decisão durante a implantação de um sistema de cultivo. Como a cultura do amendoim apresenta determinada tolerância ao estresse hídrico, é necessário saber quais mecanismos estão envolvidos no processo adaptativo dessas plantas, visando selecionar genótipos com maior tolerância a seca e de posse dessas informações, expandir o cultivo para regiões com menor disponibilidade hídrica, bem como fornecer subsídios para o aumento da sua produção nacional. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo geral, avaliar as respostas de genótipos de amendoim submetidos a condições hídricas. Foram desenvolvidos dois estudos na FCAV/UNESP e dois no INTA, Argentina. Nos estudos realizados na FCAV, objetivou-se (i) avaliar a qualidade fisiológica de sementes de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica. Com base nos resultados desse trabalho, concluiu-se que as linhagens '506', '599' e '870' e o cultivar IAC Tatu-ST são os mais tolerantes a deficiência hídrica; (ii) analisar as alterações anatomo-fisiológico de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica. Nesse trabalho, verificou-se que para o comportamento anatomo-fisiológico dos genótipos, as linhagens '573' e '870' são as mais tolerantes às condições de deficiência hídrica. Para os trabalhos realizados no INTA, objetivou-se (i) determinar a eficiência no uso da água e da radiação de cultivares com hábitos de crescimento contrastantes (ereto e rasteiro), submetidos a condições hídricas em dois espaçamentos entre linhas. Nesse trabalho, concluiu-se que ocorreu a diminuição da eficiência no uso da água apenas para o cv. ASEM 484 INTA. Para ambos cultivares (ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe), constatou-se que a deficiência hídrica reduz a eficiência no uso da radiação e também verificou-se que o espaçamentos 52 cm entre linhas apresenta maior eficiência no uso da radiação; (ii) avaliar os efeitos da impedância e disponibilidade hídrica na viabilidade dos ginóforos em cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes. Concluiu-se que a deficiência hídrica e os períodos de impedância promovem perdas acentuadas e proporcionais na viabilidade dos ginóforos de amendoim nos cultivares rasteiros, sendo esses, menos afetados pelos períodos de impedância sob deficiência hídrica; (iii) determinar os efeitos da temperatura do solo em combinação com a disponibilidade hídrica sob períodos de impedância visando avaliar a viabilidade dos ginóforos e a fixação de vagens. Para esse trabalho, constatou-se que a deficiência hídrica ou o estresse térmico reduzem a viabilidade dos ginóforos, cujo efeito acentua-se na combinação dos dois fatores. Vale ressaltar que esses estudos são preliminares e há a necessidade de novos estudos, principalmente relacionados a Eficiência no uso da água e da radiação para os genótipos nacionais.

**Palavras-chave:** *Arachis hypogaea* L.; estresse hídrico; seca; eficiência no uso da água; eficiência no uso da radiação; rendimento.

**SUMMARY** – In peanut, plants are subject to various stresses, be they biotic or abiotic. Among the main abiotic factors, water deficiency is considered one of the major obstacles during the productive process. Therefore, the understanding of the adaptive mechanisms used by plants to tolerate water deficiency is of paramount importance for decision making during the implantation of a cropping system. As the peanut crop presents a certain tolerance to water stress, it is necessary to know what mechanisms are involved in the adaptive process of these plants, in order to select genotypes with greater tolerance to drought and of this information, to expand the crop to regions with lower water availability and provide subsidies for the increase the national production. Thus, the present work had as general objective to evaluate the behavior of peanut genotypes submitted to water conditions. Two studies were developed at FCAV/UNESP and two studies at INTA, Argentina. In the studies conducted at FCAV, the objective was to (i) evaluate the physiological quality of seeds of peanut genotypes submitted to water deficiency. Based on the results of this work, it was concluded that genotypes '506', '599', 'Tatu-ST' and '870' are the most recommended for environments with lower water availability; (ii) to analyze the anatomo-physiological behavior of peanut genotypes submitted to water deficiency. In this work, it was verified that for the anatomo-physiological behavior of the genotypes, the lineages '573' and '870' are the most tolerant to the water deficiency conditions. For the work done at INTA, the objective was to (i) determine the efficiency in the use of water and radiation of peanut cultivars with contrasting growth habits, submitted to water conditions and distances between lines. In this work, it was concluded that the WUE only decreased for cv. ASEM 484 INTA. For both cultivars, it was verified that the water deficiency reduces the RUE. There are also differences between the distances between lines; (ii) to evaluate the effects of impedance and water availability on the viability of gynophores in peanut cultivars with contrasting growth habits. It was concluded that the water deficiency and the impedance periods promoted significant and proportional losses in the viability of gynophores in the runner peanut cultivars. These cultivars were less affected by the IP under water deficiency; (iii) to determine the effects of soil temperature in combination with water availability under impedance periods to evaluate the viability of gynophores and fixation of pods. For this work, it was verified that the water deficiency and the thermal stress reduce the viability of the gynophores, whose effect is more accented in the combination of the two factors. It is worth mentioning that these studies are preliminary and there is a need for new studies, mainly related to WUE and RUE for national cultivars.

**Keywords:** *Arachis hypogaea* L.; water restriction; drought; water use efficiency; radiation use efficiency; yield.

## **CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais**

### **INTRODUÇÃO**

Atualmente o mundo têm passado por alterações ambientais devido principalmente as mudanças climáticas, e isso, têm modificado o cenário agrícola. Com base em dados divulgados pela Nasa (2017) verificou-se que ao longo do tempo houve aumento severo na temperatura global. Esse aumento, têm provocado anos atípicos, ou seja, épocas com chuvas normais (ideal para o cultivo), épocas com chuvas muito intensas e épocas com secas severas. Essas mudanças climáticas, tem afetado os cultivos agrícolas, prejudicando o desenvolvimento das plantas e reduzindo a produtividade das culturas gerando instabilidade econômica no setor agrícola. Entre as culturas prejudicadas, a do amendoim tem passado por forte impacto, e isso, tem desestimulado o setor amendoineiro.

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma leguminosa da família Fabaceae que possui elevada importância em âmbito mundial, sendo a quarta maior cultura oleaginosa, tendo uma produção estimada em mais de 40 milhões de toneladas (USDA, 2017). No Brasil, na safra 2015/16, a produção nacional de amendoim esteve concentrada principalmente no Estado de São Paulo, o qual apresentou mais de 90% da quantidade produzida, com aproximadamente 407,7 mil toneladas e 90% da área cultivada de um montante nacional de 120,4 mil hectares (CONAB, 2016). Grande parte desta produção é destinada ao consumo in natura e a indústria alimentícia (SANTOS; FREIRE; LIMA, 2013).

Nas últimas décadas, o país tem aumentado significativamente a produção de amendoim, principalmente com o uso de novas tecnologias e pesquisas. Entretanto, com o crescente aumento da temperatura global, há a necessidade de maiores estudos sobre o tema “estresse hídrico”. Segundo Wright e Nageswara Rao (1994), oitenta por cento da produção mundial de amendoim ocorre em ambientes propensos a déficit hídrico durante o ciclo da cultura. Gibbons (1980) relata que a seca é considerada um dos principais fatores limitante para o rendimento de sementes de amendoim. No Brasil, nos últimos anos, tem-se verificado que o

aumento da temperatura tem provocado secas extremas nas áreas agrícolas e, como consequência, o amendoineiro é prejudicado com a falta de água durante seu desenvolvimento, principalmente no estágio reprodutivo, promovendo reduções drásticas na produtividade da cultura.

Segundo estudos, o amendoineiro é uma oleaginosa conhecida por apresentar determinada tolerância ao estresse hídrico, principalmente pela sua habilidade em conviver em ambientes com baixa disponibilidade de água (PEREIRA et al., 2012; NOGUEIRA; SANTOS, 2000).

Diante da “tolerância” do amendoineiro a deficiência hídrica, esse cultivo é promissor em áreas com menor disponibilidade hídrica. Entretanto, não se sabe quais mecanismos estão envolvido nessa tolerância, e qual o potencial produtivo de genótipos sob diferentes condições hídricas. Dessa forma, o desenvolvimento de cultivares tolerantes a deficiência hídrica é de fundamental importância para o setor agrícola. No Brasil, os poucos estudos sobre estresse hídrico foram realizados com cultivares de porte ereto, atualmente substituídas por cultivares de porte rasteiro, principalmente no estado de São Paulo, principal produtor do Brasil.

Diante da escassez de informações sobre cultivares rasteiros tolerantes a deficiência hídrica, o objetivo geral do trabalho foi avaliar o comportamento de genótipos de amendoim submetidos a condições de deficiência hídrica.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Aspectos gerais do amendoim**

O amendoim (*A. hypogaea*) é uma leguminosa, pertencente à família Fabaceae. É uma planta herbácea, ereta ou prostrada, com ciclo anual indeterminado (GREGORY; KRAPOVICKAS; GREGORY, 1980). Nativo da América do Sul é uma das oleaginosas mais cultivadas em todo o mundo.

O gênero *Arachis* L. é composto por 81 espécies nativas de diferentes lugares da América do Sul, principalmente, Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (KRAPOVICKAS; GREGORY, 1994; VALLS; SIMPSON, 2005). Entre as espécies de

*Arachis*, *A. hypogaea* L., *A. prostrata* Benth e *A. nambiquarae* Hoehne despertam grande interesse (NEVES, 2007). Entretanto, atualmente a espécie *A. hypogaea* L. é a que apresenta maior interesse econômico (VEIGA et al., 2001), por ser a espécie cultivada em muitos países.

A espécie *A. hypogaea* L., compreende duas subespécies: *hypogaea* e *fastigiata*. A subespécie *hypogaea* inclui as variedades botânicas *hypogaea* e *hirsuta*. A *fastigiata* compreende as variedades *fastigiata*, *peruviana*, *aequatoriana* e *vulgaris* (KRAPOVICKAS; GREGORY, 1994).

Além da classificação botânica, há uma nomenclatura agrônômica e comercial que separa os cultivares em três grupos de acordo com as características morfológicas e reprodutivas (SHOLAR; MOZINGO; BEASLEY JR., 1995). Os grupos são classificados como, Valência, Virgínia e Spanish, e apresentam as seguintes diferenças vegetativas e reprodutivas: hábito de crescimento (ereto, semi-ereto ou rasteiro), tipo de ramificação, duração do ciclo, tamanho das sementes, número de vagens por planta e de sementes por vagem, entre outros (NAKAGAWA; ROSOLEM, 2011).

Para os grupos conhecidos comercialmente como Valência e Spanish (descendentes da subespécie *fastigiata*) as plantas apresentam hábito de crescimento ereto ou semi-ereto, ramificação esparsa (poucos ramos secundários e raros terciários), ciclo curto e haste principal com flores. De modo geral, as vagens de Spanish possuem duas sementes, geralmente de tamanho pequeno a médio. As vagens do tipo Valência podem apresentar até quatro sementes (raramente cinco). Cultivares do grupo conhecido como Virgínia apresentam características correspondentes à variedade botânica *hypogaea* (subespécie *hypogaea*), ou seja, hábito de crescimento rasteiro (prostrado), semi-rasteiro e arbustivo, ramificação profusa (presença de ramos primários, secundários e terciários), ciclo longo, ausência de flores na haste principal e geralmente, vagens com duas sementes (SANTOS, 2010).

Entre os grupos mencionados anteriormente, no Brasil são mais utilizados cultivares do grupo Valência e Virgínia, sendo o segundo mais comum, principalmente, por apresentar vantagens agrônômicas, como a arquitetura das

plantas para a colheita totalmente mecanizada e potencial produtivo (GODOY et al., 2005).

### **Importância econômica do amendoim**

A cultura do amendoim possui grande importância por apresentar alto valor socioeconômico. Grande parte dessa importância é devido a indústria de confeitos, visto que, as empresas buscam pelo sabor agradável dos grãos de amendoim que podem ser consumidos in natura, como aperitivos salgados, torrados ou preparados de diversas formas pela indústria de doces para a produção dos mais variados produtos, como: balas, bombons, pastas, tortas, pés-de-moleque, entre outros.

As sementes de amendoim é uma excelente alternativa alimentar em razão da riqueza nutricional em proteínas, carboidratos, sais minerais e vitaminas. Além disso, são ricas em óleo (aproximadamente 50%) e proteínas (22 a 30%) (SANTOS; GONDIM; FREIRE, 2006). Esse alto teor de óleo em suas sementes tem destacado a cultura, como matéria-prima promissora para a produção de biodiesel (GONÇALVES et al. 2004; NAKAGAWA; ROSOLÉM, 2011).

### **Produção Mundial**

Entre as principais oleaginosas cultivadas, o amendoim ocupa o quarto lugar em nível mundial, perdendo espaço apenas para a soja, algodão e colza (canola) (FREITAS et al., 2005).

De acordo com USDA (2017), a produção mundial é estimada em 41 milhões de toneladas de amendoim, sendo que os principais produtores são China, com 16,7 milhões de toneladas, em primeiro lugar; Índia em segundo lugar, com 5,4 milhões de toneladas; e Nigéria em terceiro lugar, com 3,0 milhões de toneladas.

Entre os países da América Latina, o Brasil se destaca como um dos principais produtores de amendoim, perdendo apenas para a Argentina, que apresenta produção estimada em 1 milhão de toneladas (AGRIANUAL, 2016).

Em relação aos principais países consumidores, destacam-se China, Índia, Nigéria, Estados Unidos, Sudão, Birmânia, Indonésia, Argentina, Tanzânia, Senegal, Camarões e Vietnã. Entre os principais importadores, destacam-se União Europeia, Indonésia, México, Vietnã, Canadá e Rússia (AGRIANUAL, 2016).

O Brasil em 2016, surgiu entre os principais exportadores de amendoim, perdendo apenas para Argentina, Índia, China, Estados Unidos e Nicarágua (AGRIANUAL, 2016). Apesar de localizar-se entre os principais exportadores, o país possui potencial para se tornar um dos maiores exportadores de amendoim do mundo.

### **Produção Nacional**

No cenário agrícola brasileiro, a cultura do amendoim já apresentou posição de destaque. No entanto, fatores tecnológicos, mercadológicos e políticos levaram a uma estagnação desse setor agrícola (LIMA, 2011). Na última década, esse cenário começou a mudar, mediante as transformações no sistema de plantio, como, por exemplo, a adoção do plantio direto, do uso da cultura em áreas de rotação no momento da reforma dos canaviais, do uso de novos cultivares com maior potencial produtivo (decorrente do processo de melhoramento genético) e a evolução tecnológica, envolvendo os processos de colheita mecanizada e os processos de armazenamento, o qual, tem garantido a qualidade ao amendoim produzido e melhorando a aceitação deste produto no mercado nacional e internacional.

Diante desse novo cenário, o Brasil tem apresentado crescente aumento na área de cultivo, com aumento na produtividade. Na última safra (2015/16), a produção brasileira foi estimada em cerca de 408 mil toneladas de amendoim.

No país o cultivo do amendoim é realizado em duas safras, sendo a primeira chamada de “época das águas” (verão) e a segunda de “época das secas” (inverno). Grande parte da produção nacional é obtida na primeira safra, e cerca de 5% do total produzido é obtido na segunda safra. Na primeira safra, destaca-se como principais produtores os estados de São Paulo (93,8%), Rio Grande do Sul (2,98%), Minas Gerais (1,95%) e Paraná (1,23%). Na segunda safra, outros estados tem

incluído o cultivo do amendoim em suas áreas agrícolas, entre os principais produtores destaca-se São Paulo (73,54%), Bahia (7,93%), Sergipe (7,93), Tocantins (6,34%), Mato Grosso (2,11%), Pernambuco (1,58%) e Ceará (0,52%) (CONAB, 2016). Ainda de acordo com a Conab, cerca de 90% do amendoim paulista está sendo destinado para exportação e devido à valorização do câmbio, o setor produtivo tem investido na cultura na expectativa de maior lucratividade.

Atualmente o globo terrestre tem passado por intensas mudanças ambientais, devido principalmente ao aquecimento global. Essas mudanças climáticas, estão promovendo modificações no cenário agrícola e interferindo no desenvolvimento das culturas agrícolas, provocando perdas na produção, redução na disponibilidade de alimentos para a população e prejuízos no mercado econômico.

### **Deficiência hídrica**

O termo “estresse” geralmente é utilizado por biólogos, ecólogos e agrônomos para descrever as respostas dos organismos submetidos aos fatores ambientais que podem interferir negativamente na vida (PLAUT, 1995). Segundo Larcher (2006), o estresse é considerado como mudanças nas condições ótimas para a vida, que induz a distintas respostas nas funções vitais dos organismos, as quais inicialmente podem ser reversíveis, podendo se tornar permanente, dependendo do nível de estresse.

Na agricultura, as plantas cultivadas estão constantemente expostas a estresses abióticos como a luz, radiação solar, temperatura, água e CO<sub>2</sub> ou bióticos como os fungos, bactérias, plantas, animais, seres humanos, cujo período e intensidade vão influenciar na produção final das culturas (MAHAJAN; TUTEJA, 2005; COELHO, 2013). Alguns fatores abióticos estressantes, como por exemplo o estresse hídrico, podem causar modificações no crescimento e metabolismo desde o início do ciclo de desenvolvimento, promovendo reduções no acúmulo de fitomassa, velocidade de crescimento, e conseqüentemente, reduções na produtividade final das culturas (DE CASTRO; GARCIA, 1996; NI et al., 2000). Os efeitos mais

drásticos dos fatores abióticos ocorre principalmente na fase reprodutiva, mais especificamente no florescimento, promovendo diminuição do potencial produtivo.

A água é considerada um dos principais recursos que as plantas necessitam para o crescimento, sendo considerada fator limitante no desenvolvimento das culturas e produtividade agrícola (PINTO; TÁVORA; PINTO, 2014). Entretanto, tanto o excesso quanto a deficiência hídrica podem promover efeitos negativos durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo afetar drasticamente a produtividade dos cultivos agrícolas.

A deficiência hídrica nos sistemas de cultivos afeta o crescimento e desenvolvimento das culturas e é considerada o maior entrave na produtividade agrícola em nível mundial (KRAMER; BOYER, 1995; REDDY; CHAITANYA; VIVEKANANDAN, 2004; SANTOS; CARLESSO, 1998), interferindo diretamente em diversos processos fisiológicos e bioquímicos (ALVES, 2013). Contudo, as plantas sob deficiência hídrica tendem a desenvolver mecanismos de adaptação, morfológicos, fisiológicos e bioquímicos, na tentativa de minimizar os efeitos causados pelo estresse (FAROOQ et al., 2009; MAFAKHERI et al., 2010; WASEEM et al., 2011), visando a sobrevivência das plantas em períodos prolongados de seca (LARCHER; MORAES; BAUER, 1981).

Alguns autores afirmam que a raiz é a primeira parte da planta que percebe a falta d'água e por meio de sinais bioquímicos, sinaliza às folhas para realizar o fechamento estomático, para evitar a perda de água através da transpiração (MORGAN, 1990; TAYLOR, 1991; TURNER; WRIGHT; SIDDIQUE, 2001). Larcher (2006) menciona que a deficiência hídrica promove a diminuição na turgescência, o qual, afeta diretamente o processo de crescimento e desenvolvimento das plantas.

Lauriano et al. (2000) citam que a deficiência hídrica afeta a membrana lipídica e as respostas fotossintéticas. Kambiranda et al. (2011) mencionam que a deficiência hídrica afeta o transporte de elétrons nos tilacoides (sistemas de membranas internas, onde ocorre as reações de luz da fotossíntese), fosforilação, carboxilação e fotossíntese.

Entre as espécies vegetais e mesmo dentro de uma espécie, existem comportamentos diferenciados em relação ao estresse hídrico. Existe uma grande

variabilidade relacionada ao grau de tolerância ao estresse, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes ao estresse hídrico (KRATZ; BASSACO; NOGUEIRA, 2013). De acordo com Blum (1997), há muitos estudos sobre as respostas dos vegetais a deficiência hídrica, mas ainda há muita discussão sobre os efeitos referente a falta d'água em plantas, assim como dos mecanismos de tolerância à seca empregados pelas diferentes espécies.

### **Deficiência hídrica na cultura do amendoim**

Dentre os fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento do amendoimzeiro, a restrição hídrica tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas, podendo afetar a produção da cultura. Kambiranda et al. (2011) citam uma estimativa anual que mostra que as perdas na produtividade de amendoim causada pela seca equivalem a US\$ 520 milhões.

O amendoim é uma oleaginosa conhecida por apresentar potencial para se desenvolver em áreas com menor disponibilidade hídrica, demonstrando, assim, certa tolerância principalmente pela sua habilidade em conviver em ambientes com baixa disponibilidade hídrica (PEREIRA et al., 2012; NOGUEIRA; SANTOS, 2000; SANTOS; FREIRE; LIMA, 2013). Essa "habilidade" está relacionada principalmente ao fato das plantas de amendoim apresentarem raízes com capacidade de aprofundar até dois metros e extrair água de partes mais profundas do solo. Contudo, em uma situação de deficiência hídrica, alguns parâmetros como conteúdo relativo de água, potencial hídrico foliar, resistência estomática, taxa de transpiração, temperatura foliar e temperatura do dossel são influenciados nas relações hídricas (KAMBIRANDA et al., 2011). Quando esses parâmetros são afetados, as respostas morfológicas e fisiológicas são modificadas, promovendo menor crescimento e desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, diminuição da produtividade.

O conteúdo relativo de água de plantas em uma situação de deficiência hídrica é menor em relação as plantas com disponibilidade hídrica. De acordo com Babu e Rao (1983), o conteúdo relativo de água de plantas sem estresse (com

disponibilidade de água) é cerca de 85 a 90%, enquanto em plantas sob deficiência hídrica pode ser abaixo de 30%.

O estresse hídrico, dependendo da frequência e da intensidade dos períodos de seca, associado as altas temperaturas, influencia negativamente todos estádios vegetativos do amendoineiro, desde a sementeira a colheita. Para Larcher, Moraes e Bauer (1981), os períodos de seca prejudicam as funções vitais da planta e estimulam as reações de adaptação. Nogueira e Távora (2005) mencionam que mesmo apresentando mecanismos de adaptação a seca, o amendoineiro é mais afetado pela deficiência hídrica na fase reprodutiva, principalmente durante o florescimento e enchimento dos frutos.

## **HIPÓTESE**

Em virtude do relatado, levanta-se a hipótese de que as plantas de amendoim, quando cultivadas com alterações nas condições hídricas, podem apresentar comportamento diferenciado entre os genótipos, ou seja, sob deficiência hídrica ocorre redução na atividade fotossintética das plantas, causando modificações nos processos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos que afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, interferem no potencial produtivo da cultura.

## **OBJETIVOS GERAIS**

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a adaptação de genótipos de amendoim submetidos a condições hídricas, com intuito de selecionar cultivares tolerantes a deficiência hídrica.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Avaliar em genótipos de amendoim a qualidade fisiológica de sementes submetidas a deficiência hídrica;
2. Analisar as características anatomo-fisiológico de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica;
3. Determinar a eficiência no uso da água e da radiação de cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes, submetidas a condições hídricas e espaçamentos entre linhas de plantio;
4. Avaliar os efeitos da impedância e disponibilidade hídrica na viabilidade dos ginóforos em cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes;
5. Determinar os efeitos da temperatura do solo em combinação com a disponibilidade hídrica sob períodos de impedância para avaliar a viabilidade dos ginóforos e a fixação de vagens.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Agro informativo, 2016, p.149-152.
- ALVES, G. M. R. **Variabilidade genotípica de amendoim submetido ao estresse hídrico baseada em descritores bioquímicos**. 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2013.
- BABU, V. R.; RAO, D. V. M. Water stress adaptations in the groundnut (*Arachis hypogaea* L.) foliar characteristics and adaptations to moisture stress. **Plant Physiology & Biochemistry**, v. 10, n. 1, p. 64–80, 1983.
- BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: Belhassen I (ed.) **Drought tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological, and Molecular Biological Analysis**. Kluwer Academic Publ, Dordrencht, 1997, p. 57-70.
- COELHO, H. A. **Diferentes condições de estresse hídrico no desenvolvimento de milhos transgênico e convencional**. 2013. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). São Paulo, Botucatu, 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 07/01/2017.
- DE CASTRO, C. R.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 167-174, 1996.
- FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA S. M. A. Plant drought Stress: Effects, mechanisms and management, **Agronomy for Sustainable and Development**, v. 29, n. 1, p. 185–212, 2009.
- FREITAS, S. M.; MARTINS, S. S.; NOMI, A. K; CAMPOS, A. F. Evolução do mercado brasileiro de amendoim. In: SANTOS, R.C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. Cap.1, 451 p.
- GIBBONS, R. W. **Adaptation and utilization of groundnuts in different environments and farming systems**. In: Summerfield, R.J., Bunting, A.H. (Eds.), **Advances in Legume Science**. Royal Botanic Gardens Kew, Richmond, Surrey, England, 1980, p. 483-493.
- GODOY, I. J.; MORAES, S. A.; ZANOTTO, M. D.; SANTOS, R. C. **Melhoramento do Amendoim**. In: Melhoramento de Plantas – Culturas Agronômicas 2.a Ed. (Borém, A., ed.), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.
- GONÇALVES, J. A.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. D. S.; PINTO, M. D. F. D. S.; SAMPAIO, H. S. D. V.; SAMPAIO, L. S. D. V.; DE ALMEIDA, N. S. Componentes de

produção de amendoim em diferentes arranjos espaciais no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2-3, p. 801-812, 2004.

GREGORY, W. C.; KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, M. P. Structure, variation, evolution and classification in *Arachis*. In: BUNTING, S. **Advances in Legume Science**, Kew, London, 1980. p. 469-481.

KAMBIRANDA, D. M.; VASANTHAIAH, H. K.; KATAM, R.; ANANGA, A.; BASHA, S. M.; NAIK, K. Impact of drought stress on peanut (*Arachis hypogaea* L.) productivity and food safety. **Plants and Environment**. In Tech Publisher, p. 249-272, 2011.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plant and soils**. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA, 1995, 495 p.

KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, W. C. Taxonomia del genero *Arachis* (Leguminosae). **Bonplandia** (Argentina), v. 8, n. 1-4, p. 1-186, 1994.

KRATZ, D.; BASSACO, M. V. M.; NOGUEIRA, A. C. Influence of water stress on germination of *Zeyheria Montana*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 140-145, 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 3. ed. São Carlos: RiMa, 2006. 529 p.

LARCHER, W.; MORAES, J. P. A. V.; BAUER, H. Adaptative response of leaf water potencial, CO<sub>2</sub> and water use efficiency of *Olea europea* during drying and rewatering. In: MARGARIS, N. S.; MOONEY, H. A. (Eds.). **Components of Mediterranean – climatic regions – basic and applied aspects**. The Haque: Junk Publisher, p. 77-84, 1981.

LAURIANO, J. A.; LIDON, F. C.; CARVALHO, C. A.; CAMPOS, P. S.; MATOS, M. D. C. Drought effects on membrane lipids and photosynthetic activity. In Different Peanut Cultivars, **Photosynthetica** (Prague), v. 38, n. 1, p. 7-12, 2000.

LIMA, T. M. **Cultivo do amendoim submetido a diferentes níveis de adubação e condições edafoclimáticas no sudoeste de Goiás**. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Goiás, 2011.

MAFAKHERI A.; SIOSEMARDEH, A.; BAHRAMNEJAD, B.; STRUIK, P. C.; SOHRABI, Y. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. **Australian Journal of Crop Science**, v. 4, n. 8, p. 580, 2010.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, Salinity and Drought Stresses: An Overview, **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 444, n. 2, p. 139–158, 2005.

MORGAN, P. W. Effects of Abiotic Stresses on Plant Hormone Systems, in: **Stress Responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms**, p. 113–146, 1990.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A. **O Amendoim: tecnologia de produção**. 1. ed. Botucatu, FEPAF, 2011, 325 p.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Global climate change. Vital Signs of the Planet**. 2017. California Institute of Technology. Disponível em: <http://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>. Acesso em: 28/02/2017.

NEVES, I. P. **Cultivo da banana**. Rede de tecnologia da Bahia - RETEC/BA. 2007, 22 p. (Dossiê técnico).

NI, H.; MOODY, K.; ROBLES, R. P.; PALLER JR., E. C.; LALES, J. S. Oryza sativa plant traits conferring ability against weeds. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 200-204, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 41-45, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; TÁVORA, F. J. A. F. Ecofisiologia do Amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R.C. (ed.): **O Agronegócio do amendoim no Brasil**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, p. 71-122.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, O. R. O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n.1, p. 31-40, 2014.

PLAUT, Z. **Photosynthesis in plant crop under water and salt stress**. In: PESSARAKLI, M. Handbook of plant crop physiology, Israel, cap. 27, p. 587-601, 1995.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, n. 11, 1189–1202, 2004.

SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. Amendoim: o mercado brasileiro no período de 2000 a 2011. In: MARTINS, R. (2ª Ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2013, 585 p.

SANTOS, R. F. **Desenvolvimento de ferramentas genéticas e genômicas para introgressão de genes silvestres no amendoim cultivado**. 2010. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SANTOS, R. C.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, R. M. M. **Cultivo do amendoim. mercado e comercialização**, Campina Grande, Embrapa Algodão, 2006 (Sistemas de Produção, 7). Disponível em: <sisistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/CultivodoAmendoim/index.html> Acesso em: 15 out. 2008.

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.

SHOLAR, J.; MOZINGO, R. W.; BEASLEY JR., J. P. Peanut Cultural Practices. P. 354-382. In: *Advances in Peanut Science* (H.E.Pattee & H.T. Stalker ed.s), **American Peanut Research and Education Society Inc.**, 1995.

TAYLOR, I. B. Genetics of ABA Synthesis, in: DAVIES W. J., JONES, H. G., (Eds.), *Abscisic acid: Physiology and Biochemistry*, **Bios Scientific Publishers Ltd.** UK, p. 23–38, 1991.

TURNER, N. C.; WRIGHT, G. C.; SIDDIQUE, K. H. M. Adaptation of Grain legumes (Pulses) to Water-Limited Environments, **Advances in Agronomy**, v. 71, n. 1, p. 193-231, 2001.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **World Agricultural Production**. 2017. (Circular Series, February, 2017). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso: 01/03/2017.

VALLS, J. F. M.; SIMPSON, C. E. New species of *Arachis* L. (Leguminosae) from Brazil, Paraguay and Bolivia. **Bonplandia**, v. 14, n. 1-2, p. 35-63, 2005.

VEIGA, R. F. A.; QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; VALLS, J. F. M.; FÁVERO, A. P.; BARBOSA, W. Caracterização morfológica de acesos de germoplasma de quatro espécies brasileiras de Amendoim-silvestre. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 167-176, 2001.

WASEEM, M.; ALI, A.; TAHII, M.; NADEEM, M.; AYUB, M.; TANVEER, A.; AHMAD, R.; HUSSA, M. Mechanism of drought tolerance in plant and its management through different methods. **Continental Journal Agricultural Science**, v. 5, n. 1, p. 10-25, 2011.

WRIGHT, G. C.; NAGESWARA RAO, R. C. Groundnut water relations. In: Smartt, J. (Ed.). *The Groundnut Crop. A Scientific Basis for Improvement*. Chapman and Hall, London, 1994, p. 281–335.

## **CAPÍTULO 2 - Qualidade fisiológica de sementes de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica**

**RESUMO** - Entre os fatores externos que podem influenciar o processo germinativo das sementes, a deficiência hídrica é considerada o mais importante. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 12 x 7, tendo como tratamentos sementes de doze genótipos de amendoim submetidos a sete concentrações de polietilenoglicol 6000, nos potenciais osmóticos correspondentes a 0,00; -0,10; -0,20; -0,40; -0,60; -0,80; -1,00 MPa. Constatou-se que os genótipos são afetados pelos potenciais osmóticos e, entre os genótipos, há resposta diferenciada em relação ao nível de deficiência hídrica. Em relação a qualidade fisiológica das sementes, as linhagens 506, 599, 870 e a cultivar IAC Tatu-ST possuem maior tolerantes a deficiência hídrica. Os genótipos de amendoim começam a sofrerem os efeitos da deficiência hídrica a partir do potencial osmótico de -0,4 MPa.

**Palavras-Chave:** *Arachis hypogaea* L., PEG 6000, potenciais osmóticos, restrição hídrica, germinação.

## **CHAPTER 2 - Physiological quality of peanut genotypes submitted to water deficiency**

**ABSTRACT** - Among the factors that may influence the germinative process of seeds, water deficiency is considered the most important. This way, the present study aims to evaluate the physiological quality of peanuts genotypes submitted to water deficiency. The experiment was conducted in total random design with four replications in 12x7 factorial design, having 12 peanuts genotypes submitted to seven polyethylene glycol 6000 concentrations with osmotic potential equaling to 0.00, -0.10, -0.20, -0.40, -0.60, -0.80 and -1.00 MPa. Based on the results, it is stated the germination percentage, seed vigor, germination velocity index, mean germination time, root length and root dry matter of given genotypes are affected by the osmotic potentials. Among the genotypes, there is differential response related to the water deficiency level. In relation to the physiological quality of the seeds, the lines 506, 599, 870 and the cultivar IAC Tatu-ST have higher tolerance to water deficiency. Peanut genotypes begin to suffer the effects of water deficiency from the osmotic potential of -0.4 MPa.

**Keywords:** *Arachis hypogaea* L., PEG 6000, osmotic potential, water restriction, germination.

## INTRODUÇÃO

Entre os fatores externos que podem influenciar na qualidade das sementes, principalmente durante o processo germinativo, a deficiência hídrica é considerada o fator mais importante, visto que, a água reativa o metabolismo e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas da germinação, inclusive na protrusão da raiz primária (BRAY, 1995; MARCOS FILHO, 2005).

Atualmente, são escassas ou talvez inexistentes informações sobre o grau de tolerância das sementes de amendoim sob deficiência hídrica. Diante disso, faz-se necessário estudos para verificar e comprovar o desempenho de genótipos sob baixa disponibilidade hídrica. Para simular a capacidade germinativa de sementes sob condições de deficiência hídrica, tem se utilizado soluções com diferentes potenciais osmóticos (CARVALHO et al., 2007).

Pesquisas relatam que sementes sob condições de deficiência hídrica diminuem a porcentagem de germinação, vigor, velocidade e ocorre o aumento no tempo médio de germinação (PELEGRINI et al., 2013; ROSA et al., 2005; BRUNI; LEOPOLD, 1992; BEWLEY; BLACK 1994). Entre as espécies vegetais, existem comportamentos diferenciados, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes ao estresse hídrico (KRATZ; BASSACO; NOGUEIRA, 2013). O amendoimzeiro é uma oleaginosa conhecida por apresentar determinada tolerância ao estresse hídrico, principalmente pela sua habilidade em conviver em ambientes com baixa disponibilidade hídrica (PEREIRA et al., 2012; NOGUEIRA; SANTOS, 2000; SANTOS; GODOY; FÁVERO, 2005). Entretanto, essa tolerância é variável em função de características morfológicas e fisiológicas das plantas (JOSHI et al. 1988; KHALFAOUI, 1985; ERICKSON; KETRING, 1985).

Os potenciais osmóticos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciam na absorção de água pelas sementes e podem inviabilizar a seqüência de eventos que reativa o metabolismo durante o processo germinativo (BANSAL; BHATI; SEN, 1980), dificultando, atrasando e até mesmo impedindo o início da germinação a partir de determinada concentração (PEREZ; FANTI; CASALI, 2001).

Para simular o estresse hídrico e o condicionamento osmótico, o polietileno glicol 6000 (PEG 6000) é o produto mais utilizado, devido as suas características de ser quimicamente inerte e não apresentar toxicidade sobre as sementes, pois devido seu alto peso molecular não é absorvido pelas sementes (VILLELA; DONI FILHO; SIQUEIRA, 1991).

Estudos de germinação sob condições de estresse hídrico são de fundamental importância, pois permitem avaliar o comportamento das sementes a ambientes adversos à germinação, e assim, auxiliar na tomada de decisão sobre os melhores genótipos para se utilizar na agricultura. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de amendoim submetidos a deficiência hídrica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, em esquema fatorial 12 x 7, tendo como tratamentos doze genótipos (cultivares, IAC 503, IAC 505, IAC Runner IAC 886, IAC OL3, IAC OL4, IAC Tatu-ST e linhagens, 322, 506, 573, 599, 870 e 967) de amendoim submetidos a sete concentrações de polietilenoglicol (PEG 6000) nos valores de potenciais osmóticos correspondentes a 0,00; -0,10; -0,20; -0,40; -0,60; -0,80; -1,00 MPa. Para o nível zero (testemunha) foi utilizada água destilada.

Os genótipos (cultivares e linhagens) utilizados no trabalho foram cedidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e os potenciais osmóticos foram obtidos por meio de concentrações crescentes de PEG 6000 seguindo recomendações de Villela, Doni Filho e Siqueira (1991). Os testes foram realizados utilizando-se quatro repetições de 25 sementes por tratamento. As sementes foram previamente tratadas com o fungicida thiram (Vitavax®-Thiram 200 SC, 250 mL do p.c. 100 kg<sup>-1</sup>). Em seguida, foram colocadas sobre duas folhas de papel toalha,

umedecidas com água destilada (controle) ou com soluções de PEG 6000, na proporção equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes, foram mantidas no interior de caixas plásticas transparentes (previamente esterilizadas) de 11 x 11 x 3,0 cm, com tampa, as quais foram vedadas com Parafilm® (BRAND, Alemanha) a fim de reduzir a perda de umidade, e acondicionadas em câmara de germinação, a 25°C.

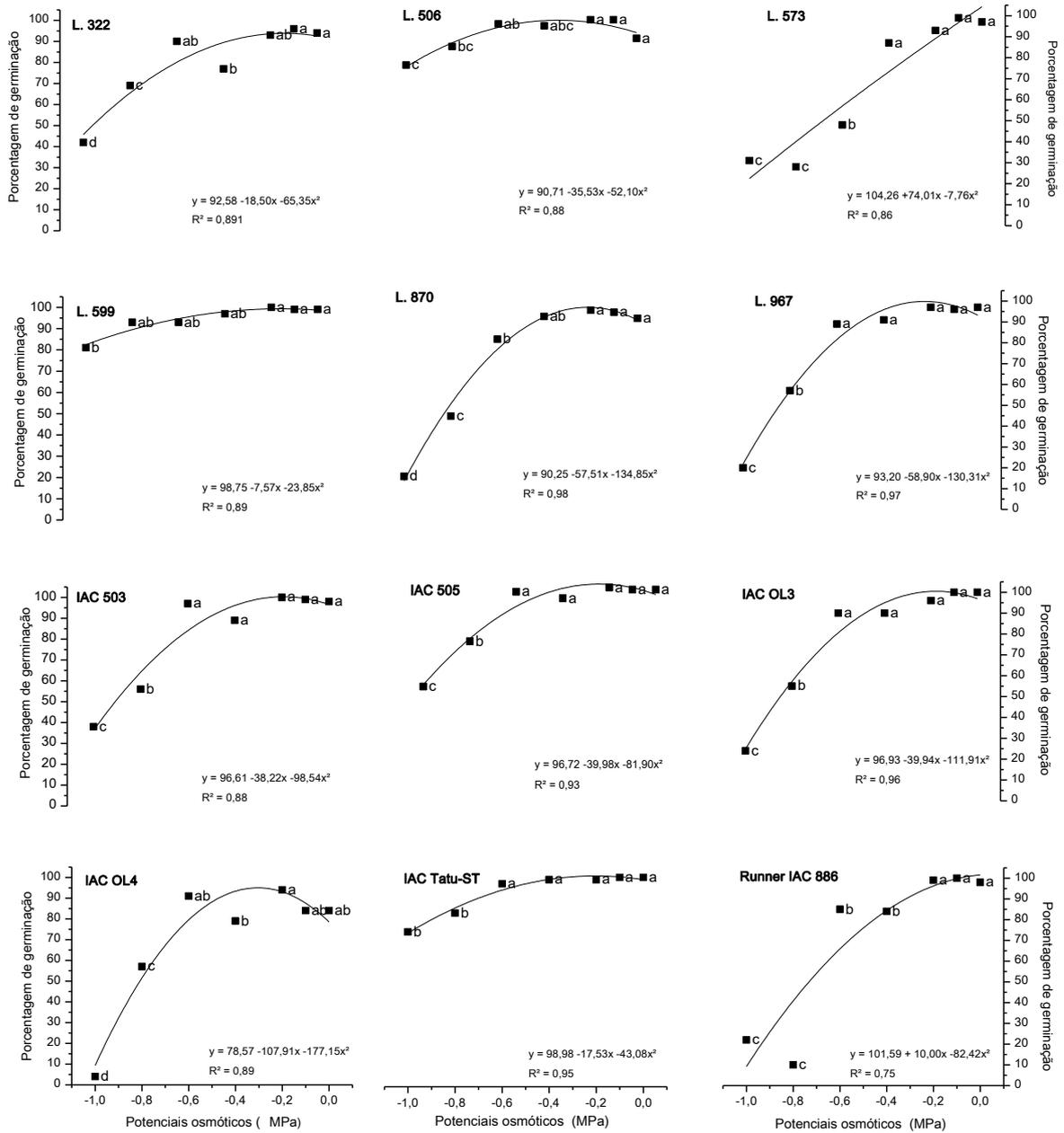
O potencial germinativo (%G) e a primeira contagem de germinação (PC) das sementes foram avaliados atendendo aos utilizados critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (RAS), considerando-se sementes germinadas as que apresentaram 2 mm de protusão de radícula. Para calcular o índice de velocidade de germinação (IVG) foi utilizada fórmula proposta por Maguire (1962) e para o tempo médio de germinação (TMG) foi seguida metodologia proposta por Labouriau (1983). Após 15 dias da instalação do experimento, foi medido o comprimento radicular e determinada a massa seca radicular após secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, até atingirem massa constante.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando significativos, as médias foram submetidas à análise de regressão, por meio do software OringinPro 8. Com base nas características avaliadas, foi realizada uma análise de agrupamento pelo método hierárquico, utilizando distância euclidiana.

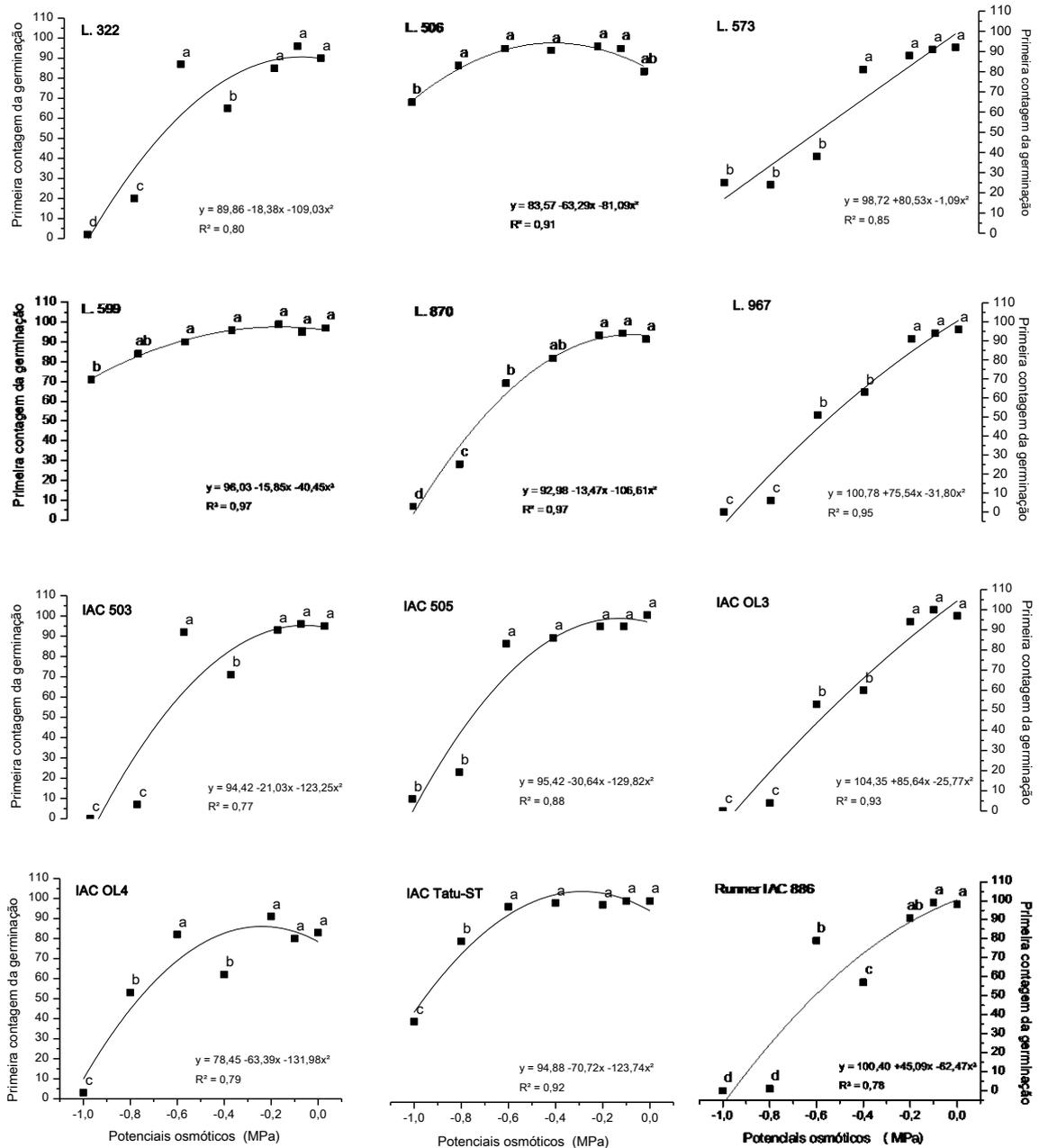
## **RESULTADOS**

Analisando os resultados de percentagem de germinação (%G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento radicular (mm) e massa seca radicular (g) observou-se comportamento diferencial dos genótipos de amendoim em relação aos níveis de deficiência hídrica simulada com PEG 6000. Com base na análise de regressão, verificou-se que a germinação de todos os genótipos ajustaram-se melhor a curva polinomial quadrática (Figuras 1, 2, 3 e 4).

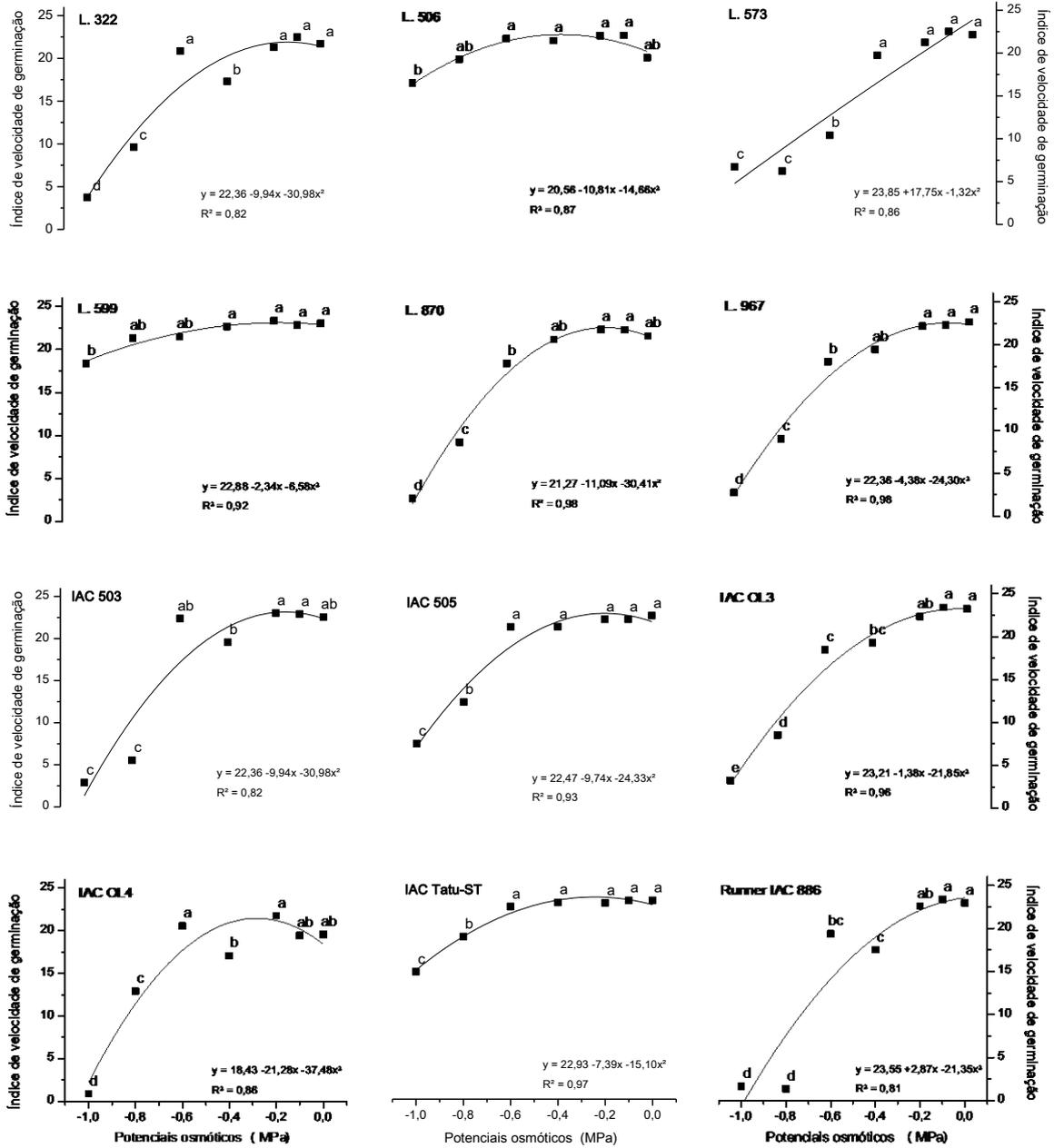
Para a maioria dos genótipos avaliados, a %G, PC e o IVG foram afetados a partir do potencial osmótico de -0,8 MPa, com exceção dos genótipos Runner IAC 886 (a partir de -0,4 MPa), linhagem 870 (-0,6 MPa) e linhagem 599 (-1,0 MPa). Contudo, vale ressaltar que os genótipos que sofreram interferência negativa quando submetidos aos dois maiores potenciais osmóticos (-0,8 MPa e -1,0 MPa) demonstraram maior capacidade para tolerar ambientes propensos a deficiência hídrica, por isso, são considerados genótipos promissores a serem avaliados em condições de campo para testar a adaptabilidade em regiões com menor disponibilidade hídrica. Analisando o TMG o período de germinação foi de 6 a 9 dias. Os genótipos 506, 599 e OL4 não apresentaram diferença entre os potenciais osmóticos. Para os demais genótipos, os potenciais -0,8 MPa e -1,0 MPa prolongaram o tempo para a germinação das sementes, salvo exceção para o cultivar IAC Tatu-ST que mesmo na maior concentração manteve a germinação próximo de 7 dias.



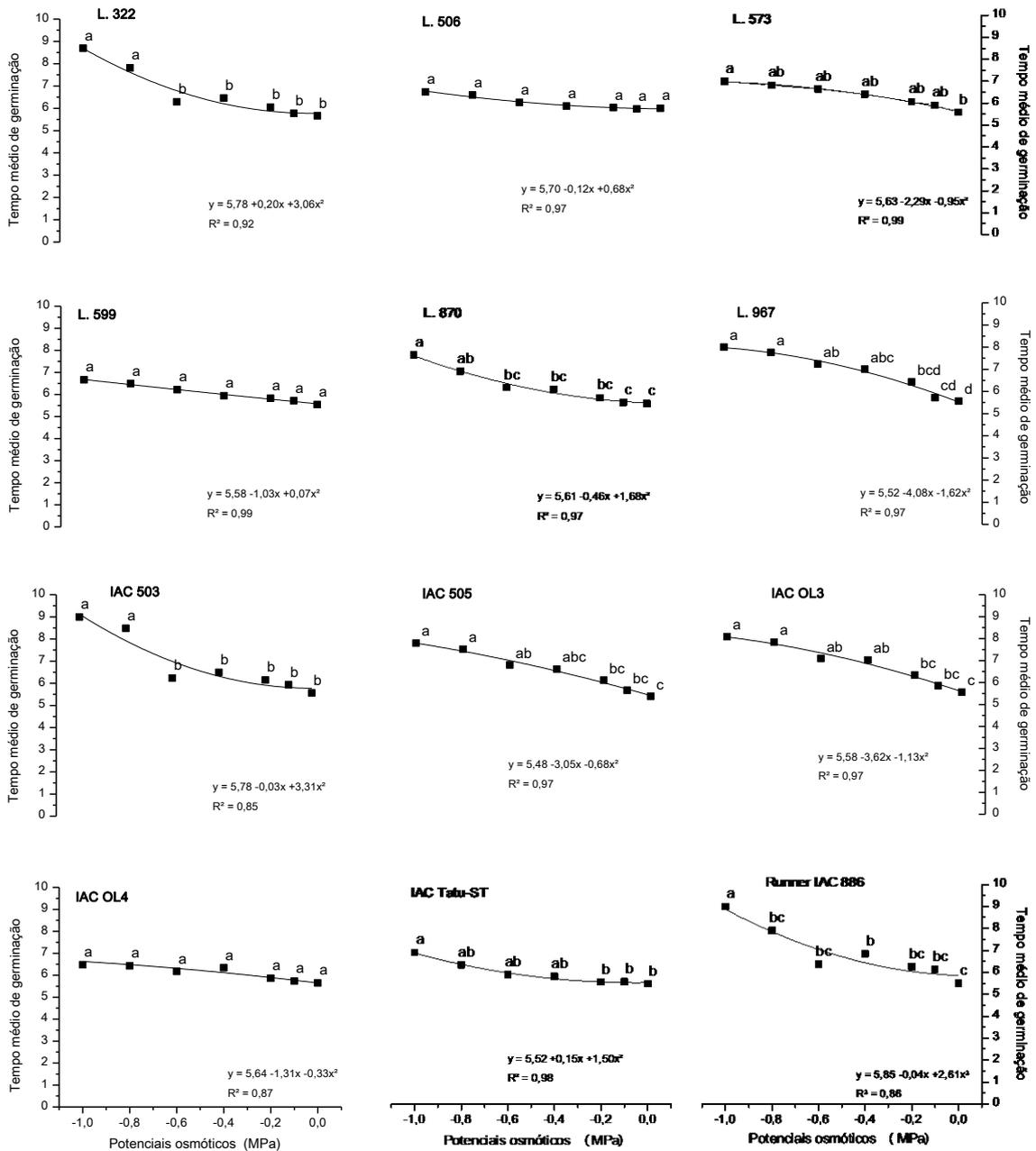
**Figura 1.** Porcentagem de Germinação (%G) de genótipos de amendoim submetidos a níveis de deficiência hídrica simulado com polietileno glicol 6000. Letras minúsculas no gráfico representam o Teste de Tukey ao nível de 5%.



**Figura 2.** Primeira contagem (PC, %) da germinação de genótipos de amendoim submetidos a níveis de deficiência hídrica simulado com polietileno glicol 6000. Letras minúsculas no gráfico representam Teste de Tukey ao nível de 5%.



**Figura 3.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de genótipos de amendoim submetidos a níveis de deficiência hídrica simulado com polietileno glicol 6000. Letras minúsculas no gráfico representam Teste de Tukey ao nível de 5%.



**Figura 4.** Tempo médio de germinação de genótipos (TMG, dias) de amendoim submetidos a níveis de deficiência hídrica simulado com polietileno glicol 6000. Letras minúsculas no gráfico representam Teste de Tukey ao nível de 5%.

Comparando os resultados entre os genótipos, observou-se que o cultivar IAC Tatu-ST e as linhagens 506 e 599 apresentaram maior %G, PC e IVG quando submetidos aos maiores potenciais osmóticos (-0,6 MPa; -0,8 MPa e -1,0 MPa), demonstrando assim, maior tolerância aos níveis de estresse, quando comparado aos demais genótipos. Para o TMG, verificou-se que esses genótipos apresentaram menor tempo de germinação (Tabelas 1, 2, 3 e 4), apresentando assim, menor necessidade de água para ativação do seu metabolismo para a germinação e, com isso, rápida formação da área de cultivo. Além disso, esse menor tempo faz com que as sementes não fiquem expostas aos ataques de insetos e patógenos durante essa fase de desenvolvimento.

**Tabela 1.** Germinação das sementes (%G) de genótipos de amendoim submetidos a diferentes potenciais osmóticos.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (MPa)						
	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
cv. IAC 503	98,0 a	99,0 a	100,0 a	89,0 abc	97,0 a	56,0 cd	38,0 bcd
cv. IAC 505	99,0 a	99,0 a	100,0 a	95,0 ab	98,0 a	75,0 b	54,0 b
cv. IAC 886	98,0 a	100,0 a	99,0 a	84,0 abc	85,0 a	22,0 e	10,0 f
cv. IAC OL3	100,0 a	100,0 a	96,0 a	90,0 abc	90,0 a	55,0 cd	24,0 de
cv. IAC OL4	84,0 a	84,0 a	94,0 a	79,0 bc	91,0 a	57,0 cd	4,0 f
cv. IAC Tatu	100,0 a	100,0 a	99,0 a	99,0 a	97,0 a	83,0 ab	74,0 a
L. 322	94,0 a	96,0 a	93,0 a	77,0 c	90,0 a	69,0 bc	42,0 bc
L. 506	88,0 a	97,0 a	97,0 a	94,0 abc	97,0 a	84,0 ab	75,0 a
L. 573	97,0 a	99,0 a	93,0 a	87,0 abc	48,0 b	31,0 de	28,0 d
L. 599	99,0 a	99,0 a	100,0 a	97,0 a	93,0 a	93,0 a	81,0 a
L. 870	91,0 a	94,0 a	95,0 a	92,0 abc	81,0 a	44,0 de	15,0 ef
L. 967	97,0 a	96,0 a	97,0 a	91,0 abc	89,0 a	57,0 cd	20,0 ef
F	1,81 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	3,15 <sup>**</sup>	12,43 <sup>**</sup>	39,12 <sup>**</sup>	44,78 <sup>**</sup>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, <sup>\*\*</sup>significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo; cv. (cultivar); L. (linhagem); CV (%): 9,49; DMS: 6,77.

**Tabela 2.** Primeira contagem da germinação (PC) de genótipos de amendoim submetidos a diferentes potenciais osmóticos.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (MPa)						
	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
cv. IAC 503	95,0 ab	96,0 ab	93,0 a	71,0 cde	92,0 ab	7,0 def	0,0 c
cv. IAC 505	99,0 a	93,0 ab	93,0 a	87,0 abc	84,0 abc	17,0 cdef	3,0 c
cv. IAC 886	98,0 ab	99,0 a	91,0 a	57,0 e	79,0 bc	1,0 f	0,0 c
cv. IAC OL3	97,0 ab	100,0 a	94,0 a	60,0 e	53,0 de	4,0 ef	0,0 c
cv. IAC OL4	83,0 ab	80,0 b	91,0 a	62,0 e	82,0 abc	53,0 b	3,0 c
cv. IAC Tatu	100,0 a	100,0 a	98,0 a	99,0 a	97,0 a	79,0 a	37,0 b
L. 322	90,0 ab	96,0 ab	85,0 a	65,0 de	87,0 ab	20,0 cde	2,0 c
L. 506	81,0 b	93,0 ab	94,0 a	92,0 ab	93,0 ab	84,0 a	65,0 a
L. 573	92,0 ab	91,0 ab	88,0 a	81,0 bcd	38,0 e	24,0 cd	25,0 b
L. 599	97,0 ab	95,0 ab	99,0 a	96,0 ab	90,0 ab	84,0 a	71,0 a
L. 870	91,0 ab	94,0 ab	93,0 a	81,0 bcd	68,0 cd	26,0 c	4,0 c
L. 967	96,0 ab	94,0 ab	91,0 a	63,0 e	51,0 de	6,0 ef	0,0 c
F	2,57**	1,95*	0,44 <sup>ns</sup>	15,50**	25,42**	71,99**	45,57**

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, \*\*significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; cv. (cultivar); L. (linhagem); CV (%): 11,05; DMS: 6,73.

**Tabela 3.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de genótipos de amendoim submetidos a diferentes potenciais osmóticos.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (MPa)						
	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
cv. IAC 503	22,5 ab	22,9 ab	23,0 a	19,3 abcd	22,7 a	5,5 d	2,9 d
cv. IAC 505	23,2 ab	22,8 ab	22,8 a	21,9 ab	21,9 ab	13,1 b	8,2 b
cv. IAC 886	23,0 ab	23,4 a	22,8 a	17,5 cd	19,4 abc	1,2 e	1,4 d
cv. IAC OL3	23,2 a	23,4 a	22,3 a	19,3 bcd	18,5 ab	8,5 cd	3,3 cd
cv. IAC OL4	19,6 b	19,4 b	21,7 a	17,1 d	20,6 abc	12,9 b	0,1 d
cv. IAC Tatu	23,4 a	23,4 a	23,1 a	23,2 a	22,7 a	19,2 a	15,0 a
L. 322	21,7 ab	22,5 ab	21,3 a	17,3 cd	20,8 abc	9,6 bc	3,8 cd
L. 506	19,8 ab	22,5 ab	22,4 a	21,8 ab	22,1 ab	19,7 a	16,8 a
L. 573	22,2 ab	22,5 ab	21,3 a	19,7 abcd	10,4 d	6,2 cd	6,7 bc
L. 599	23,0 ab	22,8 ab	23,3 a	22,7 ab	21,5 abc	21,3 a	18,4 a
L. 870	21,3 ab	22,0 ab	22,1 a	20,9 abc	18,2 c	9,1 cd	2,6 d
L. 967	22,7 ab	22,3 ab	22,2 a	19,5 bcd	18,0 c	9,0 cd	2,8 d
F	2,77**	1,87*	0,75 <sup>ns</sup>	7,21**	18,64**	62,17**	65,16**

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, \*\*significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; cv. (cultivar); L. (linhagem); CV (%): 8,75; DMS: 1,38.

**Tabela 4.** Tempo médio de germinação (TMG) de genótipos de amendoim submetidos a diferentes potenciais osmóticos.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (MPa)						
	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
cv. IAC 503	5,56 a	5,93 a	6,15 a	6,49 a	6,24 a	8,48 a	8,99 a
cv. IAC 505	5,45 a	5,73 a	6,18 a	6,68 a	6,86 a	7,58 abc	7,86 abc
cv. IAC 886	5,50 a	6,13 a	6,25 a	6,83 a	6,37 a	6,93 bcd	9,00 a
cv. IAC OL3	5,56 a	5,85 a	6,34 a	7,02 a	7,09 a	7,84 ab	8,08 ab
cv. IAC OL4	5,65 a	5,73 a	5,86 a	6,33 a	6,17 a	6,43 cd	6,48 c
cv. IAC Tatu	5,47 a	5,56 a	5,55 a	5,80 a	5,88 b	6,34 d	6,90 bc
L. 322	5,66 a	5,77 a	6,05 a	6,45 a	6,29 a	7,81 ab	8,69 a
L. 506	5,73 a	5,70 a	5,76 a	5,83 a	5,99 ab	6,33 d	6,46 c
L. 573	5,57 a	5,90 a	6,06 a	6,41 a	6,64 a	6,81 bcd	7,00 bc
L. 599	5,54 a	5,72 a	5,83 a	5,94 a	6,21 a	6,48 bcd	6,66 bc
L. 870	5,57 a	5,62 a	5,83 a	6,22 a	6,30 a	7,03abcd	7,76 abc
L. 967	5,56 a	5,72 a	6,43 a	7,00 a	7,24 a	7,76 abc	8,00 ab
F	0,06 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	1,88*	6,58**	24,38**

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Pelo teste F, \*\*significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; cv. (cultivar); L. (linhagem); CV (%): 9,80; DMS: 0,55.

Para o comprimento radicular das plântulas de amendoim (Tabela 5), constatou-se que os potenciais osmóticos a partir de -0,6 MPa promovem forte redução no desenvolvimento radicular, quando comparado com os demais potenciais osmóticos. Entre os genótipos, observou-se que a linhagem '870' foi a melhor quando submetida aos potenciais osmóticos -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. Quando as plântulas foram submetidas ao maior potencial osmótico (-1,0 MPa), o genótipo que demonstrou maior tolerância foi o cultivar IAC Tatu-ST.

Para a massa seca radicular das plântulas de amendoim, observou-se que os potenciais osmóticos a partir de -0,6 MPa promoveram maior redução na massa seca. Entre os potenciais osmóticos (0,0 a -1,0 MPa), não se observou diferença estatística para a linhagem '599', ou seja, este material apresentou maior tolerância em relação aos potenciais osmótico. Analisando o comportamento entre os genótipos, verificou-se que nos maiores potenciais osmóticos (a partir de -0,4 MPa), não se constatou diferença significativa entre os genótipos analisados (Tabela 6).

**Tabela 5.** Desdobramento dos fatores principais, genótipos e potenciais osmóticos referente ao comprimento radicular (mm) de plântulas de amendoim.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (MPa)							F
	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	
cv. IAC 503	39,7 CD a	38,8 BC a	41,5 AB a	39,5 B a	14,7 EF b	7,5 D b	5,6 B b	51.97**
cv. IAC 505	76,2 A a	53,6 A b	45,1 AB b	33,4 BC c	35,1 AB c	14,5 BCD d	6,9 AB d	44.27**
cv. IAC 886	43,8 CD a	44,3 AB a	46,9 A a	42,2 AB a	26,6 BC b	8,5 D c	5,4 B c	59.59**
cv. IAC OL3	37,2 CD a	24,9 D b	25,3 DE b	27,3 CD b	24,0 CDE b	10,9 CD c	7,7 AB c	40.78**
cv. IAC OL4	38,0 CD a	35,0 BCD ab	30,1 CDE abc	32,7 BC abc	28,0 ABC bc	24,6 AB c	5,4 B d	21.84**
cv. IAC Tatu	37,6 CD a	36,5 BC ab	34,2 BCD ab	32,5 BC ab	27,0 BC bc	21,0 ABC cd	16,6 A d	12.39**
L. 322	43,7 CD a	44,0 AB a	40,3 ABC a	23,9 CD b	26,7 BC b	11,7 CD c	6,3 AB c	103.76**
L. 506	24,0 E a	14,0 E b	13,2 F b	13,0 E b	11,5 F b	10,1 D b	9,8 AB b	19.08**
L. 573	39,6 CD a	29,9 CD ab	29,0 DE b	20,8 DE bc	16,1 DEF cd	10,5 CD d	15,6 AB cd	91.47**
L. 599	33,1 DE a	24,3 DE ab	22,9 EF b	24,2 CD ab	17,4 CDEF b	15,9 ABCD b	15,0 AB b	19.52**
L. 870	44,0 C ab	34,3 BCD cd	30,5 CDE cd	52,7 A a	38,0 A bc	26,1 A d	6,5 AB e	4.44**
L. 967	64,2 B a	53,1 A b	26,6 DE c	24,8 CD c	21,3 CDEF c	7,1 D d	6,0 AB d	7.57**
F	36,38**	26,20**	18,60**	21,34**	12,31**	8,14**	3,49**	-----

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha (efeito do potencial osmótico) ou de maiúscula na coluna (efeito do genótipo), não diferenciam entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Pelo teste F, \*\*significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; cv. (cultivar); L. (linhagem); CV (%): 17,07; DMS: 4,06.

**Tabela 6.** Desdobramento dos fatores principais, genótipos e potenciais osmóticos referente a massa seca radicular (g) de plântulas de amendoim.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (MPa)											F
	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0					
cv. IAC 503	0,178 ABC a	0,149 B a	0,130 AB ab	0,103 AB abc	0,053 A bc	0,034 A c	0,027 A c					9,41**
cv. IAC 505	0,186 ABC a	0,159 B ab	0,120 AB abc	0,101 AB bcd	0,074 A cde	0,033 A de	0,019 A e					10,17**
cv. IAC 886	0,209 AB a	0,152 B ab	0,128 AB ab	0,085 AB bc	0,043 A c	0,024 A c	0,016 A c					13,88**
cv. IAC OL3	0,160 ABC a	0,147 B ab	0,110 AB ab	0,088 AB abc	0,076 A bc	0,024 A c	0,021 A c					7,88**
cv. IAC OL4	0,219 A a	0,153 B ab	0,131 AB bc	0,109 AB bcd	0,087 A bcd	0,054 A cd	0,031 A d					10,67**
cv. IAC Tatu	0,210 AB a	0,184 AB ab	0,172 A ab	0,153 A ab	0,127 A bc	0,062 A cd	0,039 A d					10,76**
L. 322	0,205 ABC a	0,158 B ab	0,106 AB bc	0,080 AB bc	0,051 A c	0,042 A c	0,031 A c					11,10**
L. 506	0,130 ABC a	0,100 B ab	0,080 B ab	0,062 B ab	0,045 A b	0,044 A b	0,033 A b					3,25**
L. 573	0,116 C b	0,255 A a	0,074 B b	0,066 AB b	0,053 A b	0,045 A b	0,036 A b					15,43**
L. 599	0,125 BC a	0,104 B a	0,094 AB a	0,087 AB a	0,075 A a	0,067 A a	0,052 A a					1,56 <sup>ns</sup>
L. 870	0,181 ABC a	0,141 B ab	0,125 AB ab	0,095 AB bc	0,062 A bc	0,035 A c	0,017 A c					9,44**
L. 967	0,179 ABC a	0,154 B ab	0,086 AB bc	0,068 AB c	0,054 A c	0,030 A c	0,013 A c					10,15**
F	3,27**	4,05**	2,00*	1,59 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>					-----

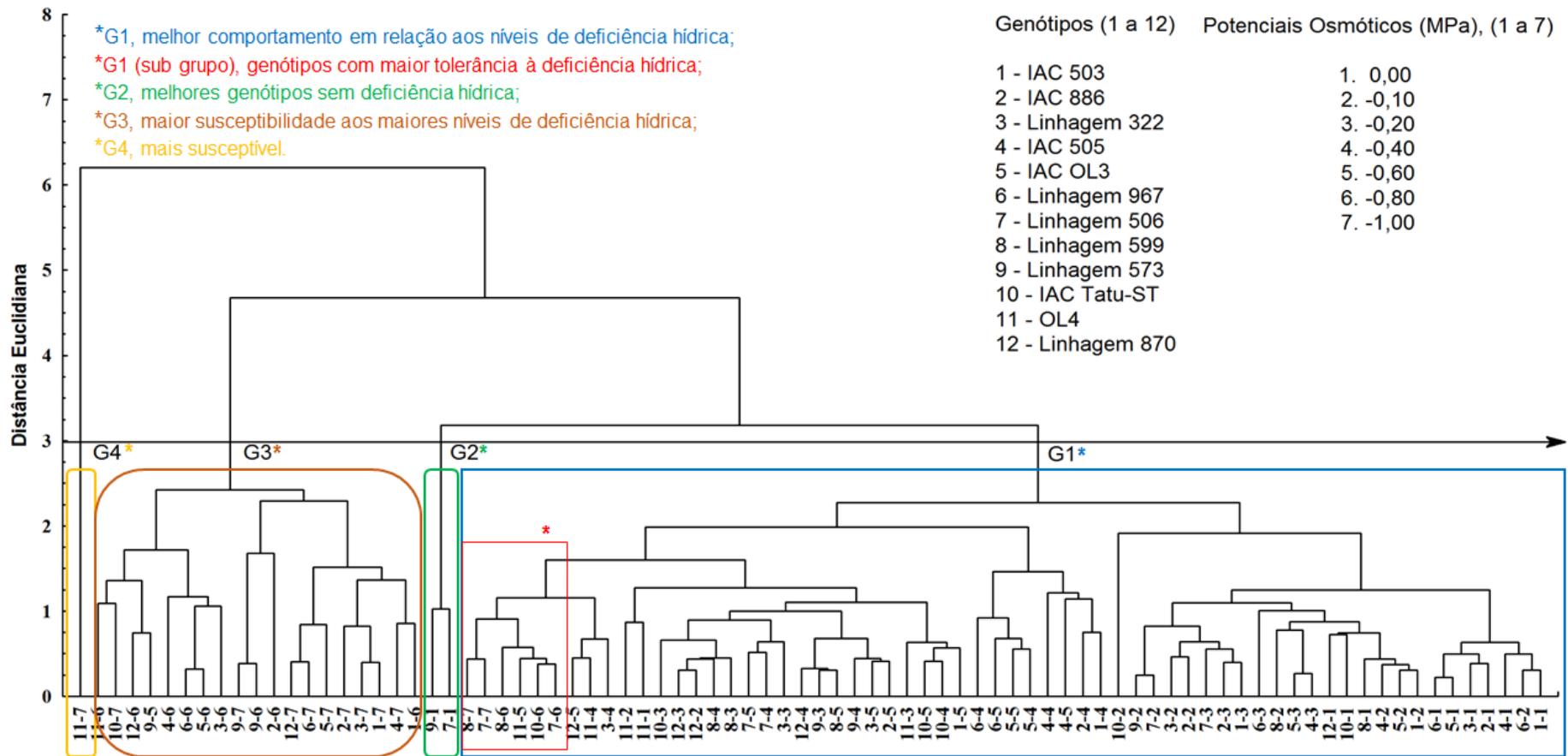
Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha (efeito do potencial osmótico) ou de maiúscula na coluna (efeito do genótipo), não diferenciam entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Pelo teste F, \*\*significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5%; <sup>ns</sup> não significativo; cv. (cultivar); L. (linhagem); CV (%): 30,00; DMS: 0,03.

O dendograma resultante da análise de agrupamento evidenciou, com base nos caracteres avaliados, %G, PC, IVG, TMG, comprimento radicular e massa seca radicular, distinção entre os genótipos submetidos a vários potenciais osmóticos, formando quatro grandes grupos. O primeiro grupo (G1) foi formado pelos genótipos com melhor comportamento aos níveis de estresse. Nesse grupo, grande parte dos genótipos foram submetidos aos menores potenciais osmóticos, contudo, houve um subgrupo (com maiores potenciais osmóticos) que apresentou semelhança com os genótipos menos estressados e, por isso, esse subgrupo destacou-se por apresentar maior tolerância entre os genótipos analisados. Nesse subgrupo, destacou-se os genótipos 506, 599, Tatu-ST e 870. O segundo grupo (G2), foi formado pelos melhores genótipos ('506' e '573'), quando submetidos aos menores potenciais osmóticos. O terceiro grupo (G3), foi formado pelos genótipos com semelhanças e maior susceptibilidade aos maiores níveis de estresse, nesse grupo, todos os genótipos submetidos aos maiores níveis foram prejudiciais, exceto para as linhagens 506 e 599. O quarto grupo (G4) foi formado apenas pelo cultivar IAC OL4 que apresentou maior susceptibilidade entre todos os genótipos (Figura 5).

## **DISCUSSÃO**

Quando as sementes são expostas a situações de deficiência hídrica muito severa, ocasionadas pelos potenciais osmóticos muito negativos, principalmente no início da embebição, ocorre redução na absorção de água pelas sementes, e isso, não permitirá a reativação do metabolismo, causando assim, interferência negativa na germinação. Esse comportamento pode ser observado na Figura 1, que mostra o efeito negativo na germinação conforme ocorre aumento da deficiência hídrica.

No presente estudo observou-se que sementes de amendoim submetidas a condições crescentes de deficiência hídrica simulada com polietileno glicol 6000 apresentaram grande variabilidade genotípica entre os genótipos. Segundo Kratz, Bassaco e Nogueira (2013) entre as espécies vegetais, existem comportamentos diferenciados, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes ao estresse hídrico. De acordo com Carvalho (2005), para cada espécie existe um valor de potencial hídrico crítico, o qual inibe o processo germinativo.



**Figura 5.** Análise de agrupamento dos grupos (G1 a G4) para as variáveis: porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento radicular e massa seca radicular, para os 12 genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica (potenciais osmóticos).

No presente trabalho, foi constatado que mesmo dentro de uma mesma espécie os potenciais osmóticos, principalmente os muito negativo, afetam a germinação das sementes. Para os genótipos analisados, esse potencial osmótico variou entre -0,6 MPa (mais susceptível) e -1,0 MPa (mais tolerante). Esses dados, são semelhantes aos observados por Pelegrini et al. (2013) avaliando a espécie *Erythrina falcata* (Fabaceae), que verificaram que a partir de -0,8 MPa (PEG 6000) ocorre decréscimo no potencial germinativo e há inibição da germinação sob -1,0 MPa. Em alguns casos, dependendo da espécie pode ocorrer redução mais cedo. Rosa et al. (2005) estudando a espécie *Ateleia glazioviana* da família Fabaceae, constataram retardamento no início da germinação quando as sementes foram submetidas a potenciais osmóticos acima de -0,4 MPa.

Pesquisas relatam que sementes sob condições de deficiência hídrica além da redução na porcentagem de germinação, o vigor, a velocidade e o aumento no tempo médio de germinação também são influenciados negativamente (PELEGRINI et al., 2013; ROSA et al., 2005; BRUNI; LEOPOLD, 1992; BEWLEY; BLACK 1994).

O menor IVG observado no presente trabalho ocorreu à medida que houve aumento no nível de estresse (Figura 3). Essa redução no IVG pode ser explicada pela diminuição no metabolismo das sementes ocasionada pela redução da disponibilidade hídrica. Quando ocorre redução no potencial hídrico, as sementes iniciam a germinação e, não havendo água suficiente para digestão das reservas e translocação dos produtos metabolizados (processo conhecido como padrão trifásico da germinação) (BEWLEY; BLACK, 1994) pode ocorrer a morte do embrião (HOBBS; OBENDORF, 1972). Além disso, o período em que as sementes permanecem no solo sem emergir como consequência da deficiência hídrica expõe as sementes a ataques de insetos e fitopatógenos que podem influenciar negativamente no processo de estabelecimento do cultivo.

Para o TMG, constatou-se que houve similaridade entre os genótipos nas concentrações 0,0; -0,1; -0,2 e -0,4 MPa. Contudo, quando se aumenta o potencial osmótico, ocorre redução na velocidade de absorção de água pelas sementes, aumentando assim, o período necessário para atingir o teor mínimo de água exigido para o início do processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Esse aumento no tempo de germinação, faz com que as sementes também fiquem

expostas a insetos e fitopatógenos e pode comprometer a implantação do cultivo do amendoim principalmente em áreas de renovação de canaviais. Esses resultados corroboram os observados por Pelegrini et al. (2013) quando estudaram *E. falcata*, que verificaram que a partir de -0,8 MPa (PEG 6000) ocorre efeito negativo, ou seja, há aumento progressivo no tempo médio de germinação.

Uma das características adaptativas muitas vezes adotadas para selecionar genótipos tolerantes a seca, é por meio de avaliações relacionadas ao crescimento e massa seca radicular. O amendoim é uma leguminosa que apresenta um sistema radicular profundo e têm grande distribuição de raízes no perfil do solo. Segundo Rucker et al. (1995) um maior sistema radicular pode melhorar a capacidade das plantas em suportar um período de seca. Nesse trabalho foi possível observar diferenças entre os genótipos e constatar que todos sofreram redução no crescimento e desenvolvimento radicular quando submetidos aos níveis de deficiência hídrica. Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram os observados na literatura, sendo que, vários autores relataram diminuição na massa seca de genótipos de amendoim sob deficiência hídrica (ARRUDA et al., 2015; KOOLACHART et al., 2013; AZEVEDO NETO et al., 2010; SONGSRI et al., 2009).

## **CONCLUSÃO**

Em relação a qualidade fisiológica das sementes, as linhagens 506, 599, 870 e a cultivar IAC Tatu-ST possuem maior tolerância a deficiência hídrica.

Os genótipos de amendoim começam a sofrerem os efeitos da deficiência hídrica a partir do potencial osmótico de -0,4 MPa.

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, I. M.; CIRINO, V. M.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015.
- AZEVEDO NETO, A. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **Journal of Plant Interactions**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2010.
- BANSAL, R. P.; BHATI, P. R.; SEN, D. N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 22, n. 5, p. 327-331, 1980.
- BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B.; MEDEIROS, M. A.; CENTURION, M. A. P. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 45-51, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, 2009. 147 p.
- BRAY, C. F. **Biochemical processes during the osmopriming of seeds**. In: KIGEL, J.; GALILI, G. - Seed development and germination. New York, Marcel Dekker, p. 767-789. 1995.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BRUNI, F. B.; LEOPOLD, A. C. Cytoplasmic glass formation in maize embryos. **Seed Science Research**, New York, v. 2, n. 4, p. 251-253, 1992.
- CARVALHO, D. M.; VIRGENS, I. O.; TEIXEIRA, N. C.; FERNADEZ, L. G.; CASTRO, R. D.; LOUREIRO, M. B. Avaliação do efeito do estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de *Myracrodruon urundeuva* fr. all. (Anacardiaceae). In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil. **Anais...** Caxambu, MG, 2007.
- CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [*S. parahyba* var. *amazonicum*] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 907-914, 2005.
- CARVALHO, N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 02/10/2016.

ERICKSON, P. I.; KETRING, D. L. Evaluation of peanut genotypes for resistance to water stress in situ. **Crop Science**, v. 25, n. 5, p. 870-876, 1985.

HOBBS, P. R.; OBENDORF, R. L. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 4, p. 664-667, 1972.

JOSHI, Y. C.; NAUTIYAL, P. C.; RAVINDRA, V.; DWIVEDI, R. S. Water relation in two cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under soil water deficit. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 65, n. 2, p. 182-184, 1988.

KHALFAOUI, J. L. B. Conduite de l'amélioration génétique de l'adaptation à sécheresse, en fonction de ses mécanismes physiologiques. **Oleagineux**, v. 40, n. 3, p. 329-332, 1985.

KOOLACHART, R.; JOGLOY, S.; VORASOOT, N.; WONGKAEW, S.; HOLBROOK, C. C.; JONGRUNGLANG, N.; KESMALA, T.; PATANOTHAI, A. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to terminal drought. **Field Crops Research**, v. 149, n. 1, p. 366-378, 2013.

KRATZ, D; BASSACO, M. V. M.; NOGUEIRA, A. C.; Influence of water stress on germination of *Zeyheria Montana*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 140-145, 2013.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEAIQ, 2005. 495 p.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 41-45, 2000.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com nacl, manitol e peg (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 513-521, 2013.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafistula submetidas ao estresse hídrico. **Revista Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 155-156, 2001.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

RODRIGUES, F. C. M. P. **Manual de Análise de Sementes Florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 100 p.

ROSA, L. S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* baill (timbó). **Revista Cerne**, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.

RUCKER, K. S.; KVIEN, C. K.; HOLBROOK, C. C.; HOOK, J. E. Identification of peanut genotypes with improved drought avoidance traits. **Peanut Science**, v. 21, n. 1, p. 14–18, 1995.

SANTOS, R. C.; GODOY, J. I.; FÁVERO, A. P. Melhoramento do Amendoim. *In*: SANTOS, R. C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**, Campina Grande: Embrapa Algodão, cap. 4, p. 124-192, 2005.

SONGSRI, P.; JOGLOY, S.; HOLBROOK, C. C.; KESMALA, T.; VORASOOT, N.; AKKASAENG, C.; PATANOTHAI, A. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 5, p. 790-798, 2009.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11-12, p. 1957-1968, 1991.

### **CAPÍTULO 3 – Ceras epicuticulares e características fisiológicas de genótipos de amendoim submetidos à deficiência hídrica**

**RESUMO** - A deficiência hídrica tem efeito em diversos processos morfológicos e fisiológicos das plantas, podendo afetar o crescimento e desenvolvimento das culturas, refletindo na produtividade. Diante disso, objetivou-se com o trabalho quantificar o teor de cera epicuticular e avaliar as características fisiológicas de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica. Foi realizado um experimento em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 12x2, tendo como tratamentos 12 genótipos e 2 condições hídricas (com e sem deficiência hídrica), em 5 repetições. Para avaliar o efeito do estresse, aos 25 dias após a emergência (DAE) as plantas de amendoim foram mantidas sob deficiência hídrica durante quatro dias, enquanto as da testemunha foram mantidas acima da capacidade de campo (70%). Aos 29 DAE procederam as avaliações de fotossíntese, transpiração, teor relativo de água, teor de cera epicuticular e massa seca das plantas. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de agrupamento pelo método hierárquico. De acordo com os resultados, a taxa fotossintética é menor para todos os genótipos sob deficiência hídrica, exceto para a linhagem 870 que demonstrou maior tolerância à seca. Para a transpiração, os cultivares IAC 886, IAC OL3, IAC OL4 e as linhagens 573, 599, 870 não foram afetados pela deficiência hídrica. Entre os genótipos, há variação na quantidade de ceras epicuticulares sob condições hídricas. Com relação ao comportamento anatomo-fisiológico dos genótipos, concluiu-se que as linhagens 573 e 870 são as mais tolerantes às condições de deficiência hídrica.

**Palavras-Chave:** *Arachis hypogaea* L., transpiração, fotossíntese, cutícula.

### **CHAPTER 3 - Anatomical and physiological responses of peanut genotypes submitted to water deficit**

**ABSTRACT** - Water deficit affects several morphological and physiological processes in plants, altering crops growth and development, and reducing the crops yield. Thus, the aim of this research was to evaluate the physiological and anatomical response of peanut genotypes submitted to water deficit. The experimental design was completely randomized block with treatments in a 12x2 factorial arrangement, with twelve genotypes and two hydric conditions (with and without imposition of water deficit), with 5 replications. The period of water deficit imposition was at 25 days after emergency (DAE), during four days. At 29 DAE, photosynthesis, transpiration rate, relative leaf water and epicuticular wax content were evaluated. Results obtained were submitted to analysis of variance through test F, and means were compared through Tukey test at 5% probability and hierarchical clustering analysis was performed. According to the results, the photosynthesis rate for all genotypes is lower under water deficit, except for '870' breeding line, which showed more tolerance to drought. Water deficit did not affect the transpiration rate of IAC 886, IAC OL3, IAC OL4 cultivars and 573, 599, 870 breeding lines. Among the genotypes, there is variation in the quantity of the epicuticular waxes under water-deficit conditions. In relation to anatomo-physiological aspects from the genotypes, it is concluded that '573' and '870' lines are the most tolerant to hydric deficiency.

**Key-words:** *Arachis hypogaea* L., epicuticular wax, photosynthesis, transpiration.

## INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica durante qualquer fase do ciclo de uma cultura, dependendo da sua intensidade, pode levar as plantas a desenvolver mecanismos de adaptação à seca, que poderão ser de natureza morfológica, fisiológica e anatômica, interferindo negativamente no crescimento e produtividade (WANG et al., 2001; LARCHER, 2004).

De acordo com estudos, o amendoineiro é uma oleaginosa conhecida por apresentar tolerância ao estresse hídrico, principalmente pela sua habilidade em viver em ambientes com baixa disponibilidade de água (PEREIRA et al., 2012; NOGUEIRA; SANTOS, 2000). Essa “habilidade” é um mecanismo de adaptação que as plantas apresentam para assegurar a sobrevivência da espécie. Mattos, Herzog e Lüttge (1999) relataram que há uma série de processos que podem contribuir para minimizar a perda de água pelas plantas, como: fechamento estomático, ajustamento da parede celular, ajustamento osmótico, menor produção de folhas, redução da área foliar, aumento na densidade e profundidade de raízes e espessamento da cutícula.

Entre os mecanismos adaptativos, a cutícula (constituída por cutina e ceras) desempenha um papel fundamental na fisiologia das plantas, sendo responsável por regular a perda de água, íons e nutrientes entre as células epidérmicas e a atmosfera (BUSCHHAUS; HERZ; JETTER, 2007; GUHLING et al., 2005). As propriedades físicas e químicas da cera cuticular determinam funções vitais para as plantas (BUSCHHAUS; HERZ; JETTER, 2007), como fotossíntese e transpiração.

A compreensão dos mecanismos adaptativos utilizados pelas plantas para tolerar a deficiência hídrica é de suma importância para a tomada de decisão durante a implantação de um sistema de cultivo. Como a cultura do amendoim apresenta determinada tolerância ao estresse hídrico, é necessário saber quais mecanismos estão envolvidos no processo adaptativo dessas plantas, visando selecionar genótipos com maior tolerância a seca. De posse dessas informações, há a possibilidade de cultivá-la em regiões com menor disponibilidade hídrica, bem como fornecer subsídios para o aumento da sua produção nacional. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho quantificar o teor de cera epicuticular e avaliar

as características fisiológicas de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, em fevereiro de 2015.

O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 12 x 2, com 5 repetições. Constituíram os tratamentos doze genótipos de amendoim (cultivares: IAC 503, IAC 505, Runner IAC 886, IAC OL3, IAC OL4 e IAC Tatu-ST; linhagens: 322, 506, 573, 599, 870 e 967) submetidos a duas condições hídricas (com e sem deficiência hídrica). Os genótipos foram cedidos pelo Instituto Agronômico de Campinas.

A semeadura foi realizada em caixas plásticas com capacidade volumétrica para 2 L., preenchidas com substrato composto por mistura de solo (Latosolo Vermelho Escuro) e areia (2:1 v/v) (Tabela 1). Em cada caixa foram depositadas 15 sementes, previamente tratadas com inseticida tiametoxan (Cruiser® - 200 mL do p.c./100 kg de sementes) e fungicida carboxina + tiram (Vitavax®-Thiram 200 SC - 350 mL do p.c./100 kg de sementes). Após a emergência das plantas, realizou-se o desbaste, deixando-se duas plantas por caixa.

Aos 25 dias após a emergência (DAE), as plantas foram submetidas aos tratamentos (com e sem deficiência hídrica) durante quatro dias, período esse em que as plantas ficaram sob estufa plástica de polietileno transparente, sendo essa aberta durante o dia na ausência de chuvas, enquanto no tratamento controle (sem deficiência hídrica) foi mantida a disponibilidade hídrica. Para ambas as situações, o monitoramento da umidade do solo foi feito por meio de sensores (HidroFarm da Falker, modelo HFM 2010/ HFM 2030) colocados nos substratos. Os dados da umidade dos substratos no decorrer do período de estresse hídrico estão expressos na Tabela 2.

**Tabela 1.** Resultados das análises química e física do substrato utilizado para a realização do experimento.

Análise Química														
pH	M.O.	P.	S.	Ca	Mg	Na	K	Al	H + Al		Soma Bases		Sat.	Sat.
									SMP	S.B.	CTC	Bases	Al	
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>								mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			V%	%
5,4	13	22	9	23	14	ns	2,3	1	20		39,1	59,3	66	2
Análise Física														
Argila	Silte	Areia total	AMG	AG	AM	AF	AMF							
31	8	61	---	21	---	40	---							

AMG= areia muito grossa AG= areia grossa AM= areia média AF= areia fina AMF= areia muito fina.

**Tabela 2.** Umidade média dos substratos (%) com genótipos de amendoim sob duas condições hídricas, durante o período de imposição do estresse.

Tratamentos	Umidade do substrato (%)			
	26 DAE	27 DAE	28 DAE	29 DAE
Sem estresse hídrico	19,05±0,42	18,47±0,30	18,90±0,10	19,07±0,18
Com estresse hídrico	14,17±0,87	9,07±0,70	7,43±0,72	6,13±0,96

Após o término do período de deficiência hídrica (29 DAE), procederam as avaliações da fotossíntese e transpiração em quatro folíolos, utilizando-se o aparelho IRGA (LICOR, modelo LI-6400), sendo as leituras realizadas sob condições ambientes vigentes (temperatura do ar 25°C, umidade relativa do ar 30% e concentração de CO<sub>2</sub> de 400 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, utilizando intensidade de luz equivalente a 1500 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Para a fotossíntese e transpiração, os resultados foram expressos em μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente, de acordo com Evans e Santiago (2014), sendo que para os cálculos foram determinadas as áreas foliares totais dos quatro folíolos.

Na sequência, foi determinado o teor relativo de água (TRA) nas folhas dos amendoimzeiros (3ª folha da haste principal), segundo procedimento descrito por Weatherley (1950).

Após as avaliações fisiológicas, procedeu-se a quantificação das ceras epicuticulares de 30 folíolos jovens, coletados na parte superior da haste principal de cada genótipo, seguindo metodologia descrita por Silva Fernandes, Baker e Martin (1964) e, os valores foram expressos em μg cm<sup>-2</sup>.

Ao término do período experimental, aos 29 DAE, foi determinada a massa seca da parte aérea das plantas após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C, até atingirem massa constante.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar versão 5.4 (FERREIRA, 1998). Por meio das características avaliadas, foi realizada a análise de agrupamento pelo método hierárquico, utilizando distância euclidiana.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Analisando o desdobramento referente à interação entre os genótipos e condições hídricas sobre taxa fotossintética (Tabela 3), não se constatou diferença significativa entre os genótipos quando submetidos à deficiência hídrica. Em condição de disponibilidade hídrica, observou-se resposta diferencial entre os genótipos. Os cultivares IAC 503, IAC 505 e linhagem 322 apresentaram maior taxa fotossintética quando comparados com os demais genótipos, destacando a linhagem 870, cuja taxa fotossintética foi a menor, seguida do cultivar IAC Tatu-ST.

Comparando os efeitos das condições hídricas para cada genótipo, verificou-se que todos os genótipos, com exceção da linhagem 870, apresentaram menores taxas fotossintéticas quando submetidos à deficiência hídrica, destacando-se os cultivares IAC 505, IAC 503 e a linhagem 322, cujas reduções na taxa fotossintética decorrente da deficiência hídrica foram de 13,1; 12,1 e 11,9%, respectivamente (Tabela 3). Dessa forma, pode-se inferir que a linhagem 870, mesmo apresentando baixa taxa fotossintética em comparação com outros genótipos, demonstrou melhor adaptabilidade à deficiência hídrica, enquanto os genótipos com as maiores taxas fotossintéticas foram os mais sensíveis.

Segundo Larcher (2006), em plantas sob deficiência hídrica ocorre inicialmente uma alteração nas propriedades das membranas celulares, causando a diminuição da turgescência destas. Essa diminuição promove redução na taxa fotossintética (como observado em todos os genótipos sob deficiência hídrica, com exceção da linhagem 870), não somente pela menor disponibilidade de água para o

processo em si, mas também pelo menor influxo de íons. Conseqüentemente, ocorre redução no processo de crescimento, durante seu desenvolvimento, acarretando em menor produção de massa seca, levando a senescência prematura e induzindo redução na produção das vagens (UPADHYAY et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; DUARTE; MELO FILHO; SANTOS, 2013; ARRUDA et al., 2015).

**Tabela 3.** Desdobramento referente à interação entre genótipos e condições hídricas para a taxa fotossintética de plantas de amendoim aos 29 dias após a emergência, após quatro dias de estresse hídrico.

Genótipos	Fotossíntese ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		F
	Com estresse	Sem estresse	
cv. IAC 503	10,05 Aa	11,43 Ab	89,08**
cv. IAC 505	9,85 Aa	11,34 Ab	104,27**
cv. IAC 886	10,14 Aa	10,77 BCb	18,57**
cv. IAC OL3	10,01 Aa	10,59 CDEb	15,47**
cv. IAC OL4	9,93 Aa	10,29 CDEFb	5,97**
cv. IAC Tatu-ST	9,69 Aa	10,11 Efb	8,04**
L. 322	9,84 Aa	11,17 ABb	89,29**
L. 506	10,04 Aa	10,58 CDEb	13,62**
L. 573	9,99 Aa	10,50 CDEFb	11,79**
L. 599	9,94 Aa	10,27 DEFb	4,95*
L. 870	9,77 Aa	10,05 Fa	3,55 <sup>NS</sup>
L. 967	10,05 Aa	10,66 CDb	17,36**
F	1,61 <sup>NS</sup>	19,87**	-----
C.V. (%)	2,24		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey. \*5% de probabilidade; \*\*1% de probabilidade; <sup>NS</sup> não significativo; C.V. (%) coeficiente de variação; cv. (cultivar); L. (linhagem).

Para a transpiração, observou-se diferença significativa entre os genótipos com e sem deficiência hídrica, respectivamente, (Tabela 4). Analisando os genótipos na condição de deficiência hídrica, constatou-se que as linhagens 322 e 573 apresentaram maior taxa transpiratória, sendo que a linhagem 573 não diferenciou do cv. IAC OL4 e das linhagens 506 e 870, enquanto o cv. 503 foi a que apresentou menor transpiração. Na condição sem estresse (controle), observou-se que a linhagem 506 apresentou maior transpiração quando comparada com os demais genótipos, seguido do cv. IAC 505 e das linhagens 322 e 967.

Comparado os efeitos das condições hídricas para cada genótipo, verificou-se que para IAC 886, IAC OL3, IAC OL4 e as linhagens 573, 599 e 870 não houve efeito da deficiência hídrica sobre a taxa de transpiração. Por outro lado, observou-

se que os genótipos IAC 503, IAC 505, IAC Tatu-ST e as linhagens 322, 506 e 967 apresentaram redução da transpiração quando submetidas a deficiência hídrica, sendo essa de 73,5; 79,2; 77,1; 35,1; 65,3 e 78,3%, respectivamente, (Tabela 4). Resultados semelhantes foram constatados por Nogueira et al. (2000 e 2006) avaliando plantas de amendoim submetidas a deficiência hídrica, que verificaram redução na taxa transpiratória de genótipos de amendoim aos 30 DAS decorrente do estresse. Segundo Larcher, Moraes e Bauer (1981), os períodos de deficiência hídrica prejudicam as funções vitais das plantas e estimulam reações de adaptação no ambiente sob condições estressantes.

**Tabela 4.** Desdobramento referente à interação entre genótipos e condições hídricas para a taxa de transpiração de plantas de amendoim aos 29 dias após a emergência, após quatro dias de estresse hídrico.

Genótipos	Transpiração ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		
	Com estresse	Sem estresse	F
cv. IAC 503	0,09 Da	0,34 Db	54,24**
cv. IAC 505	0,11 CDa	0,53 BCb	152,92**
cv. IAC 886	0,12 CDa	0,17 FGa	1,92 <sup>NS</sup>
cv. IAC OL3	0,13 CDa	0,07 Ga	3,38 <sup>NS</sup>
cv. IAC OL4	0,22 BCa	0,27 DEFa	2,17 <sup>NS</sup>
cv. IAC Tatu-ST	0,11 CDa	0,48 Cb	124,98**
L. 322	0,37 Aa	0,57 BCb	37,27**
L. 506	0,25 Ba	0,72 Ab	194,42**
L. 573	0,28 ABa	0,29 DEa	0,07 <sup>NS</sup>
L. 599	0,12 CDa	0,16 EFa	1,11 <sup>NS</sup>
L. 870	0,17 BCDa	0,19 EFGa	0,21 <sup>NS</sup>
L. 967	0,13 CDa	0,60 Bb	193,70**
F	55,51**	331,64**	
C.V. (%)	19,57		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey. \*\*1% de probabilidade; <sup>NS</sup> não significativo; C.V. (%) coeficiente de variação; cv. (cultivar); L. (linhagem).

Para o teor relativo de água (TRA), verificou-se que entre os genótipos com disponibilidade hídrica a linhagem 322 apresentou menor valor que as linhagens 870 e 967, enquanto as demais apresentaram alterações intermediárias (Tabela 5). Sob deficiência hídrica, verificou-se que os cultivares IAC 503, IAC 505 e IAC Tatu-ST apresentaram menores teores que as demais, à exceção da linhagem 322, que por sua vez apresentou menor teor que as linhagens 599 e 870. Analisando o efeito do

estresse dentro de cada genótipo, observou-se que IAC 503, IAC 505, IAC OL4, IAC Tatu-ST e a linhagem 967 foram afetadas negativamente pela deficiência hídrica, reduzindo o TRA em 37,0; 41,8; 17,7; 69,8 e 18,8%, respectivamente. Os demais genótipos não apresentaram diferença entre os níveis de estresse, demonstrando, assim, que esses genótipos mantêm o TRA ideal para realização das suas atividades metabólicas (Tabela 5).

Carrega et al. (2015) estudando o efeito do estresse hídrico na germinação e desenvolvimento radicular verificaram alto nível de tolerância à deficiência hídrica para os cultivares IAC 503, IAC 886, IAC OL 3, IAC OL 4, IAC Tatu-ST e linhagens 322, 506, 599, 870 e 967. Pereira et al. (2010) também constataram diferenças nos teores relativos de água de genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica. Esses autores observaram que os genótipos LVIPE-06, LBM e LBR apresentaram reduções nos teores de água, enquanto o cultivar BR1 apresentou maior teor de água.

Houve diferença significativa no teor de cera epicuticular entre os materiais genéticos, para as duas condições hídricas (Tabela 6). Sob disponibilidade hídrica, verificou-se maior teor de cera nos cultivares IAC 503 e IAC OL3 e nas linhagens 322, 599 e 870 quando comparadas a IAC 886 e a linhagem 506. Sob deficiência hídrica, observou-se que as linhagens 573 e 870 apresentaram maior teor de cera que IAC Tatu-ST, enquanto os demais genótipos apresentaram quantidades intermediárias. Analisando-se o efeito da deficiência hídrica dentro de cada genótipo verificou-se que para os cultivares IAC OL3, IAC OL4 e IAC Tatu-ST e as linhagens 322 e 599 houve redução no teor de cera, sendo esse de 56,5; 65,4; 83,4; 40,7 e 88,5%, respectivamente. Para a linhagem 506 a deficiência hídrica resultou em aumento no teor de cera epicuticular (Tabela 6).

**Tabela 5.** Desdobramento referente à interação entre genótipos e condições hídricas para o teor relativo de água em plantas de amendoim aos 29 dias após a emergência, após quatro dias de estresse hídrico.

Genótipos	Teor relativo de água (%)				F
	Com estresse		Sem estresse		
cv. IAC 503	45,62	CD b	72,38	AB a	21,21**
cv. IAC 505	39,17	CD b	67,27	AB a	23,39**
cv. IAC 886	62,62	ABC a	66,58	AB a	0,46 <sup>NS</sup>
cv. IAC OL3	67,42	AB a	77,95	AB a	3,29 <sup>NS</sup>
cv. IAC OL4	68,31	AB b	83,01	AB a	6,40*
cv. IAC Tatu-ST	22,82	D b	75,65	AB a	82,64**
L. 322	54,81	BCD a	64,24	B a	2,63 <sup>NS</sup>
L. 506	70,78	AB a	65,99	AB a	0,68 <sup>NS</sup>
L. 573	71,64	AB a	76,77	AB a	0,78 <sup>NS</sup>
L. 599	75,49	A a	79,68	AB a	0,52 <sup>NS</sup>
L. 870	75,38	A a	85,20	A a	2,85 <sup>NS</sup>
L. 967	68,96	AB b	84,94	A a	7,56**
F	16,09**		3,42**		-----
C.V.(%)	12,16				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey. \*5% de probabilidade; \*\*1% de probabilidade; <sup>NS</sup> não significativo; C.V. (%) coeficiente de variação; cv. (cultivar); L. (linhagem).

**Tabela 6.** Desdobramento referente à interação entre genótipos e condições hídricas para o teor de cera epicuticular em plantas de amendoim aos 29 dias após a emergência, após quatro dias de estresse hídrico.

Genótipos	Teor de cera epicuticular ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ )		F
	Com estresse	Sem estresse	
cv. IAC 503	0,0584 ABa	0,0817 Aa	2,75 <sup>NS</sup>
cv. IAC 505	0,0537 ABa	0,0606 ABCa	0,24 <sup>NS</sup>
cv. IAC 886	0,0485 ABa	0,0284 BCa	2,06 <sup>NS</sup>
cv. IAC OL3	0,0412 ABb	0,0948 Aa	14,58**
cv. IAC OL4	0,0251 ABb	0,0726 ABCa	11,47**
cv. IAC Tatu-ST	0,0129 Bb	0,0776 ABa	21,21**
L. 322	0,0550 ABb	0,0927 Aa	7,21*
L. 506	0,0563 ABa	0,0227 Cb	5,71*
L. 573	0,0642 Aa	0,0663 ABCa	0,02 <sup>NS</sup>
L. 599	0,0102 Bb	0,0839 Aa	27,5**
L. 870	0,0752 Aa	0,0886 Aa	0,91 <sup>NS</sup>
L. 967	0,0501 ABa	0,0593 ABCa	0,43 <sup>NS</sup>
F	4,10*	5,58**	-----
C.V.(%)	24,41		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey. \*\*1% de probabilidade; <sup>NS</sup> não significativo; CV (%) coeficiente de variação; cv. (cultivar); L. (linhagem).

Segundo alguns autores, cutículas mais espessas reduzem a transpiração cuticular representando vantagens para as espécies sob restrição hídrica (TIPTON; WHITE, 1995; BONDADA et al., 1996; KOTTAPALLI et al., 2009). Entretanto, no presente trabalho, observou-se menor teor de ceras em plantas de amendoim sob restrição hídrica, à exceção da linhagem 506 e, em comparação às respostas fisiológicas, verificou-se que a quantidade de cera não foi um dos mecanismos responsáveis pela tolerância à deficiência hídrica dos genótipos analisados, visto que, plantas com menor quantidade de cera não apresentaram aumento na transpiração (perda de água).

Estudos com ceras epicuticulares em amendoim têm revelado resultados contraditórios, dependendo do genótipo ou espécie (VAKHARIA; DAVARIA; PARMESWARAN, 1993; VAKHARIA et al., 1997). Samdur et al. (2003) verificaram aumento no teor de ceras quando genótipos de amendoim foram submetidos a deficiência hídrica. Contudo, Souza (2009) não verificou diferenças estatística em relação à quantidade de ceras de cultivares e espécies silvestres de amendoim sob deficiência hídrica.

Oliveira, Meirelles e Salatino (2003) constaram que nem sempre o teor de ceras epicuticulares é indício de uma melhor eficiência contra a perda de água. Souza (2009) relata que a tolerância a deficiência hídrica não é consequência imediata de modificações cuticulares. De acordo com esse autor, outros mecanismos fisiológicos, como, por exemplo, o comportamento estomático, podem responder mais diretamente a adaptação de genótipos de amendoim à restrição hídrica. Para Nogueira et al. (2006) o fechamento estomático é um dos mecanismos mais importantes, destinados a reduzir a deficiência hídrica interna, para suportar determinados períodos de seca.

Além de condições de estresses outros fatores, como a idade da planta, podem influenciar na deposição de cera epicuticular na superfície foliar. Desta forma, uma possível explicação para a menor quantidade de cera sob estresse hídrico poderia ser em função das plantas nessa condição apresentarem restrição do desenvolvimento em comparação a plantas sob disponibilidade de água.

Na condição “com água”, a IAC OL3 e as linhagens 573 e 967 acumularam maior massa seca na parte aérea das plantas que os cultivares IAC 503, IAC 505 e IAC Tatu-ST e as linhagens 322 e 506, enquanto os demais apresentaram valores intermediários. Sob condições de deficiência hídrica, o cultivar IAC 503 e as linhagens 322 e 506 apresentaram menor acúmulo em relação aos demais, à exceção da IAC Tatu-ST e das linhagens 573 e 599. Para os cultivares IAC OL3 e IAC OL4 e para as linhagens 506, 573, 599 e 967 constatou-se que as plantas sob deficiência hídrica acumularam menor quantidade de massa seca em relação ao tratamento sem estresse (Tabela 7), sendo que a redução da matéria seca foi de 21,3; 17,5; 32,5; 31,8; 29,1 e 19,7%, respectivamente. Arruda et al. (2015) também constataram reduções no acúmulo de massa seca de genótipos de amendoim sob deficiência hídrica, mostrando, assim, variabilidade genotípica entre as plantas da espécie *A. hypogaea*.

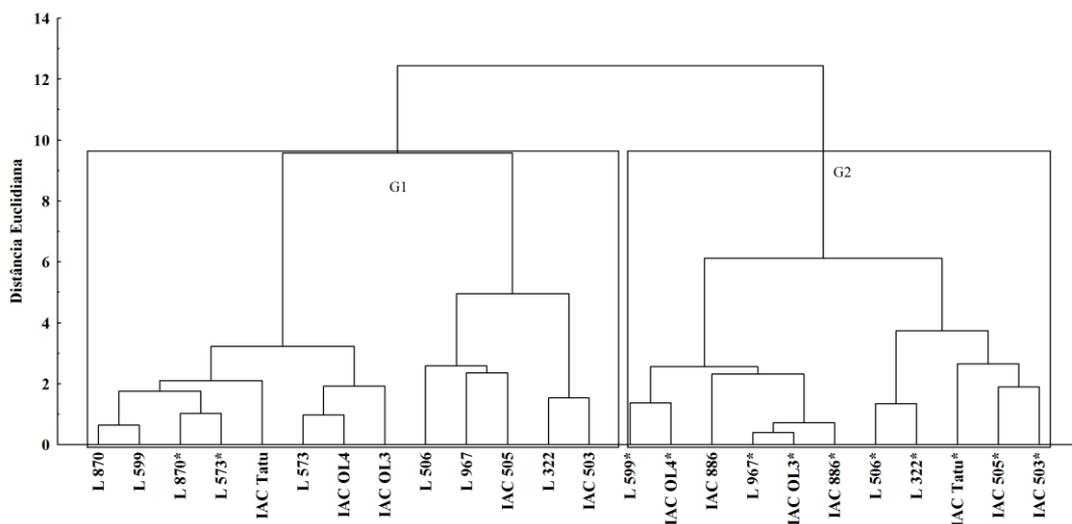
**Tabela 7.** Desdobramento referente à interação entre genótipos e condições hídricas para a massa seca da parte aérea de plantas de amendoim aos 29 dias após a emergência, após quatro dias de estresse hídrico.

Genótipos	Massa seca da parte aérea (g)		F
	Com estresse	Sem estresse	
cv. IAC 503	2,31 D a	2,48 C a	0,22 <sup>NS</sup>
cv. IAC 505	3,99 AB a	4,04 B a	0,03 <sup>NS</sup>
cv. IAC 886	3,89 AB a	4,56 AB a	3,49 <sup>NS</sup>
cv. IAC OL3	4,22 AB b	5,36 A a	10,14 <sup>**</sup>
cv. IAC OL4	3,96 AB b	4,80 AB a	5,48 <sup>*</sup>
cv. IAC Tatu-ST	3,10 ABCD a	3,71 B a	2,97 <sup>NS</sup>
L. 322	2,49 D a	2,44 C a	0,02 <sup>NS</sup>
L. 506	2,62 CD b	3,88 B a	12,46 <sup>**</sup>
L. 573	3,73 ABC b	5,47 A a	23,47 <sup>**</sup>
L. 599	3,04 BCD b	4,29 AB a	12,13 <sup>**</sup>
L. 870	4,19 AB a	4,31 AB a	0,11 <sup>NS</sup>
L. 967	4,31 A b	5,37 A a	8,79 <sup>**</sup>
F	8,33 <sup>**</sup>	15,91 <sup>**</sup>	-----
C.V. (%)	11,39		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey. \*5% de probabilidade; \*\*1% de probabilidade; <sup>NS</sup> não significativo; CV (%) coeficiente de variação; cv. (cultivar); L. (linhagem).

O dendograma resultante da análise de agrupamento evidenciou, com base nos caracteres avaliados, distinção entre os efeitos dos tratamentos com e sem estresse hídrico, formando dois grandes grupos (Figura 1). O primeiro grupo (G1) foi formado por plantas em condição de disponibilidade hídrica, com exceção das linhagens 870 e 573, e o segundo grupo (G2) formado por plantas sob condição de deficiência hídrica, com exceção do cultivar IAC 886.

A presença das linhagens 870 e 573 em ambas as condições hídricas no grupo G1, pode indicar que esses materiais apresentam comportamento semelhantes tanto com e sem disponibilidade de água, demonstrando, assim, maior tolerância desses materiais genéticos a deficiência hídrica, em comparação aos demais estudados. A presença do cultivar Runner IAC 886 no grupo G2, indica que esse cultivar apresenta alto nível de susceptibilidade em relação às condições hídricas.



**Figura 1.** Análise de agrupamento dos grupos (G1 e G2) para as variáveis: massa seca de parte aérea, fotossíntese, transpiração, teor de água e teor de cera epicuticular, para os 12 genótipos em condições de disponibilidade e deficiência hídrica. Linhagens ou cultivares com (\*) são genótipos submetidos a deficiência hídrica.

De modo geral, observou-se que a taxa fotossintética é menor para todos os genótipos sob deficiência hídrica, exceto para a linhagem 870 que demonstrou maior tolerância à seca. Em relação à transpiração, os genótipos IAC 886, IAC OL3, IAC OL4 e as linhagens 573, 599, 870 não foram afetados pelo estresse hídrico. Entre os

genótipos, há variação na quantidade de ceras epicuticulares sob condições hídricas. Todos os genótipos apresentaram maiores teores de ceras epicuticulares sob disponibilidade hídrica, exceto as linhagem 506 e o cultivar Runner IAC 886. A camada de cera na superfície foliar não atuou como um dos principais mecanismos na tolerância contra a deficiência hídrica dos genótipos de amendoim estudados. Com base no teor relativo de água (TRA), constatou-se que todos os genótipos, com exceção dos cultivares IAC 503, IAC 505 e IAC Tatu-ST e linhagem 506, sob 4 dias de estresse, demonstraram potencial para realização das suas atividades metabólicas normais. Ainda com o presente trabalho, observou-se que a deficiência hídrica de 4 dias, causa redução na massa seca dos genótipos IAC OL3, IAC OL4, 506, 573, 599 e 967.

## CONCLUSÃO

Com relação ao comportamento anatomo-fisiológico dos genótipos, as linhagens 573 e 870 são as mais tolerantes às condições de deficiência hídrica.

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, I. M.; CIRINO, V. M.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015.
- BONDADA, B. R.; OOSTERHUIS, D. M.; MURPHY, J. B.; KIMS, K. S. Effect of water stress on the epicuticular wax composition and ultrastructure of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaf, bract and boll. **Environmental and Experimental Botany**, v. 36, n. 1, p. 61-69, 1996.
- BUSCHHAUS, C.; HERZ, H.; JETTER, R. Chemical Composition of the Epicuticular and Intracuticular Wax Layers on Adaxial Sides of *Rosa canina* Leaves. **Annals of Botany**, v. 100, n. 1, p. 1557-1564, 2007.
- CARREGA, W. C.; CESARIN, A. E.; MARTINS, P. F. R. B.; GODOY, I. J.; ALVES, P. L. C. A. Germinação de genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. In: XII Encontro sobre a cultura do amendoim, 2015, Jaboticabal. **Anais...** São Paulo, Jaboticabal, 2015, p. 87-91.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 05 de outubro de 2016, p. 80-82.

DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 843-847, 2013.

EVANS, J. R.; SANTIAGO, L. S. PrometheusWiki Gold Leaf Protocol: gas exchange using LI-COR 6400. **Functional Plant Biology**, v. 41, n. 1, p. 223-226, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar - **Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras, UFLA, 1998, 19 p.

GUHLING, O.; KINZLER, C.; DREYER, M.; BRINGMANN, G.; JETTER, R. Surface composition of myrmecophilic plants: cuticular wax and glandular trichomes on leaves of *Macaranga tanarius*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 10, p. 2323-2341, 2005.

KOTTAPALLI, K. R.; RAKWAL, R.; SHIBATO, R.; BUROW, G.; TISSUES, D.; BURKE, J.; PUPPALA, N.; BUROW, M.; PAYTON, P. Physiology and proteomics of the water-deficit stress response in three contrasting peanut genotypes. **Plant Cell and Environment**, v. 32, n. 4, p. 380–407, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 3. ed. São Carlos: RiMa, 2006. 529 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

LARCHER, W.; MORAES, J. P. A. V.; BAUER, H. Adaptative response of leaf water potencial, CO<sub>2</sub> and water use efficiency of *Olea europea* during drying and rewatering. In: MARGARIS, N. S.; MOONEY, H. A. (Eds.). **Components of Mediterranean – climatic regions – basic and applied aspects**. The Haque: Junk Publisher, p. 77-84, 1981.

MATTOS, E. A.; HERZOG, B.; LÜTTGE, U. Chlorophyll fluorescence during CAM phases in *Clusia minor* L. under drought stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 331, p. 253-261, 1999.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A.; CARVALHO, R.; ALBUQUERQUE, M. B.; SANTOS, R. C. Comportamento estomático e potencial da água da folha em amendoim cv. BRs 151 I7 submetido a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 1-2, p. 985-991, 2006.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 41-45, 2000.

OLIVEIRA, A. F. M.; MEIRELLES, S. T.; SALATINO, A. Epicuticular waxes from caatinga and cerrado species and their efficiency against water loss. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 75, n. 4, p. 431-439, 2003.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a deficiência hídrica moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

PEREIRA, J. W. L.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C.; MELO FILHO, P. A. Relações hídricas e ajustamento osmótico de genótipos de amendoim submetidos ao déficit hídrico. In. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2010, João Pessoa, **Anais...** Pernambuco, 2010, p. 929-933.

SAMDUR, M. Y.; MANIVEL, P.; JAIN, V. K.; CHIKANI, B. M.; GOR, H. K.; DESAI, S.; MISRA, J. B. Genotypic differences and water-deficit induced enhancement in epicuticular wax load in peanut. **Crop Science**, v. 43, n. 4, p. 1294-1299, 2003.

SILVA FERNANDES, A. M. S.; BAKER, E. A.; MARTIN, J. T. 1964. Studies on plant cuticles. VI. The isolation and fractionation of cuticular waxes. **Annals of Applied Biology**, v. 53, n. 1, p. 43-58, 1964.

SOUZA, R. J. C. **Ceras epicuticulares de genótipos de *Arachis hypogaea* L.: composição e efeito do estresse hídrico**. 2009, 61 f. Dissertação (Mestrado em Biologia vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

TIPTON, J. L.; WHITE, M. Differences in leaf cuticle structure and efficacy among Eastern redbud and Mexican redbud phenotypes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 1, p. 59-64, 1995.

UPADHYAY, H. D.; SHARMA, S.; SINGH, S.; SINGH, M. Inheritance of drought resistance related traits in two crosses of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 177, n. 1, p. 55-66, 2011.

VAKHARIA, D. N.; DAVARIA, R. L.; PARMESWARAN, M. Changes in cuticular wax content in leaves of two groundnut cultivars during and after relief of drought. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 20, n. 2, p. 96-98, 1993.

VAKHARIA, D. N.; KANDOLIYA, U.; PATEL, N.; PARMESWARAN, M. Effect of drought on leaf metabolites: Relationship with pod yield in groundnut. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 24, n. 1, p. 102-105, 1997.

WANG, W. X.; VINOCUR, B.; SHOSEYOV, O.; ALTMAN, A. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular consideration. **Acta Horticulturae**, v. 560, n. 1, p. 285-292, 2001.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficit in leaves. **New Phytologist**, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950.

#### **CAPÍTULO 4 - Condições hídricas e espaçamento entre linhas em cultivares com hábitos de crescimento contrastantes: Efeitos sobre a morfologia, eficiência no uso da água, radiação e rendimento**

**RESUMO** - Entre os fatores que podem interferir na produção da cultura do amendoim, a deficiência hídrica é considerado o mais crítico. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo determinar a eficiência no uso da água e da radiação em cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes, submetidas a condições hídricas e espaçamentos entre linhas. O experimento foi conduzido em área agrícola do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), localizado na cidade de Manfredi, Argentina. O delineamento experimental utilizado foi de parcelas sub subdividas com 3 repetições, onde a parcela principal correspondeu aos cultivares (ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe), a parcela secundária às condições hídricas (com e sem deficiência hídrica) e a sub subparcela correspondeu aos espaçamentos entre linhas de semeadura (52 cm e 70 cm). Para avaliar os efeitos dos tratamentos, realizaram-se avaliações de eficiência no uso da água (EUA) e da radiação (EUR) e seus reflexos na produtividade. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, quando significativos os resultados foram submetidos a análise de regressão. Com base nos resultados, concluiu-se que (i) o cultivar Blanco Santa Fe (porte ereto) possui maior EUA que o cultivar ASEM 484 INTA (porte rasteiro), independentemente da condição hídrica; (ii) o cultivar ASEM 484 INTA, os espaçamentos não interferem na EUR, independentemente da condição hídrica; (iii) para Blanco Santa Fe com disponibilidade hídrica, o espaçamento a 52 cm proporciona maior aproveitamento na EUR em relação ao espaçamento a 70 cm; (iv) para ambos cultivares, a deficiência hídrica reduz a EUR; (v) o cultivar Blanco Santa Fe sob deficiência hídrica apresenta maior EUR, em relação ao cultivar ASEM 484 INTA; (vi) para a morfologia, a deficiência hídrica afeta negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas de ambos cultivares e não há influência dos espaçamentos entre linhas para cada condição hídrica.

**Palavras-chave:** *Arachis hypogaea* L.; rendimento; ASEM 484 INTA; Blanco Santa Fe; água; seca.

## CHAPTER 4 - Water conditions and distance between lines in cultivars with contrasting growth habits: effects on morphology, efficiency in the use of water, radiation and yield

**ABSTRACT** - Among the factors that may interfere in the production of peanut crop, water deficiency is considered the most critical. The aim of the present work was to determine the efficiency of the use of water and radiation in groundnut cultivars with contrasting growth habits, submitted to water conditions and distances between lines. The experiment was conducted in an agricultural area of the National Institute of Agricultural Technology (INTA), located in the city of Manfredi, Argentina. The experimental design was subdivided plots with 3 replicates, in which the main plot corresponded to the genotypes (cvs. ASEM 484 INTA and Blanco Santa Fe), the secondary plot to water conditions (with and without water deficiency) and the third subplot corresponded the distance between the lines (52 cm and 70 cm). In order to evaluate the effects of the treatments, were evaluated the water use efficiency (WUE) and radiation (RUE) and their effects on productivity. The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at 5% of probability, and when significant the results were submitted to regression analysis. Based on the results, it was concluded that (i) it was verified that the cultivar Blanco Santa Fe (upright type) has a higher WUE than the cultivar ASEM 484 INTA (runner type), independently of the water condition; (ii) for cultivar ASEM 484 INTA, the distances between lines (52 cm and 70 cm) do not interfere on RUE, regardless of the water condition; (iii) for Blanco Santa Fe with water availability, distancing at 52 cm provides greater RUE in relation to distancing at 70 cm; (iv) for both cultivars, the water deficit reduces RUE; (v) the upright cultivar (Blanco Santa Fe) under water deficiency has a higher RUE, in relation to cultivar runner type (ASEM 484 INTA); (vi) for the morphology, the water deficiency negatively affects the growth and development of the plants of both cultivars and there is no influence of the spacings between lines for each water condition.

**Keywords:** *Arachis hypogaea* L.; yield; ASEM 484 INTA; Blanco Santa Fe; water; drought.

## INTRODUÇÃO

O amendoim é uma das culturas oleaginosas de grande representatividade em todo mundo. Entre os fatores que podem interferir na produção desse cultivo, a deficiência hídrica é considerada o mais crítico (PEREIRA et al., 2016; VALLIYODAN; NGUYEN, 2006). Atualmente, cerca de 80% da produção mundial de amendoim é realizado em ambientes propensos a deficiência hídrica durante alguma fase de desenvolvimento das plantas (PABLO, 2013).

A baixa disponibilidade hídrica no solo afeta diretamente o desenvolvimento das culturas, interferindo em diversos processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (ALVES, 2013). Alguns autores relatam que o cultivo de amendoim necessita de uma precipitação média que varia entre 500 a 700 mm (DOORENBOS; KASSAM, 1994), de 508 a 635 mm (BALDWIN; HARRISON, 1996) e de 518 mm (FERNANDEZ et al., 2006) de água para expressar produtividade máxima. Segundo Silva (1997), nas condições de semi-árido, foram necessários 700 mm de água durante o ciclo total da cultura, para obter os maiores rendimentos.

A quantidade de água no solo modifica o estado hídrico das plantas (CERIONI, 2003) e isso, promove alterações nos processos fisiológicos, como o fechamento estomático, que reduz a transpiração, influenciando negativamente na taxa de absorção de CO<sub>2</sub> pelas folhas para realização da fotossíntese (PEREIRA et al., 2016) e, como consequência promove redução na área foliar (HARO et al., 2008) e na produção de matéria seca (GIAMBASTINI, 1998), bem como na taxa de crescimento (BOOTE; KETRING, 1990) e produtividade (HARO et al., 2008; HARO; MANTESEB; OTEGUI 2011).

Devido a menor disponibilidade hídrica em determinadas regiões, torna-se necessário a adoção de estratégias de manejo que visem reduzir o uso da água, sem causar prejuízos na produtividade das culturas (MANTOVANI et al., 2013).

Além da quantidade de água, a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida pelas plantas tem influência direta em vários processos fisiológicos, principalmente no seu crescimento e desenvolvimento (CARON et al., 2003; PROCÓPIO et al. 2003). A interceptação da radiação no cultivo depende dos fatores ambientais, de características intrínsecas da planta e do manejo do cultivo.

Entre os fatores ambientais, a deficiência hídrica diminui a interceptação da radiação por promover a redução na área foliar e causar fechamento foliar e, isso, conseqüentemente, afeta a eficiência no uso da radiação (EUR) pelas plantas (HARO et al., 2008). Esta resposta é mais acentuada em níveis crescente de impedância (i.e., diminuição na fixação dos ginóforos e número de grãos), por meio da regulação no tamanho do alvo sobre a atividade da fonte (HARO et al., 2010). Em relação às características das plantas, a área foliar e a inclinação das folhas define a arquitetura do dossel e são habitualmente associadas com o hábito de crescimento do amendoim, sendo esta última uma característica genotípica que afeta a captação da radiação e a distribuição da luz no perfil do dossel (RUIZ; BERTERO, 2008). Além disso, a combinação das características quanto a densidades populacionais e os espaçamentos afetam na quantidade da radiação interceptada pelo cultivo (STEWART et al., 2003).

Dessa forma, é de fundamental importância a busca por novas alternativas para economizar água e melhorar o aproveitamento da energia luminosa sem, no entanto, promover perdas no rendimento do amendoim. Uma das alternativas para um manejo adequado da cultura pode ser obtido utilizando-se o índice de eficiência no uso da água (EUA) e a eficiência no uso da radiação (EUR). Esses índices, baseiam-se na relação entre a produção de biomassa ( $\text{g kg}^{-1}$ ) ou produção comercial pela quantidade de água/radiação consumida/interceptada. Essa relação expressa a eficiência que a cultura utiliza a água/radiação (SANTOS; GODOY; FAVERO, 2013). A EUA e EUR é variável conforme as condições climáticas, manejo da cultura e os genótipos utilizados.

Em relação ao manejo, o espaçamento entre linhas de semeadura pode influenciar na EUA e EUR e beneficiar no aproveitamento da água do solo e na radiação interceptada, visto que, com o fechamento rápido das entre linhas, ocorre menor evaporação de água do solo e maior aproveitamento de energia luminosa.

Atualmente não há evidências sobre o aproveitamento da água e da radiação pelo cultivo sob combinação dos fatores anteriormente descritos. Por isso, o objetivo do presente estudo foi determinar a eficiência no uso da água e da radiação solar em cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes, submetidas a condições hídricas e espaçamentos entre linhas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área agrícola da estação experimental agropecuária de Manfredi (31°49'S, 63°46'O), pertencente ao Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), localizado na cidade de Manfredi, Argentina.

A semeadura foi realizada manualmente utilizando-se a densidade de 14 sementes/m<sup>2</sup> em um solo classificado como Haplustol típico (USDA Soil Taxonomy, 1999). Quando necessário, foram realizadas operações recomendadas para o controle das plantas daninhas, insetos e patógenos. O delineamento experimental utilizado foi de parcelas sub subdividas com 3 repetições, onde a parcela principal correspondeu aos cultivares ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe, a parcela secundária às condições hídricas (com e sem deficiência hídrica) e a sub subparcela correspondeu aos espaçamentos entre linhas (52 cm e 70 cm).

A unidade experimental (i.e., parcela) foi composta por quatro linhas de oito metros de comprimento, sendo que, para as avaliações, foram utilizadas as duas linhas centrais. O cv. ASEM 484 INTA possui hábito de crescimento rasteiro e ciclo ao redor de 140-145 dias da semeadura a colheita. O cultivar Blanco Santa Fe possui hábito de crescimento ereto e ciclo em torno de 135 dias. A condição “sem estresse” foi realizada mediante precipitações naturais (chuvas) e aplicações periódicas de água para manter o solo a 70% da capacidade de campo. Para a condição “com estresse” foi incorporado apenas água das precipitações no perfil do solo, ao longo de todo o experimento.

Para determinação da EUA, foram realizadas medições gravimétricas (nas profundidades 0-20; 20-40; 40-80; 80-120; 120-160 e 160-200 cm) para determinação da quantidade de água no perfil do solo na semeadura e, aproximadamente a cada 20 dias a partir do florescimento e até o final do experimento. Para isso, foi coletado solo (em cada profundidade) e foi determinado a massa úmida e, em seguida foi colocada em estufa para secagem e determinação da massa seca do solo após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C, até atingirem massa constante.

Além disso, foi determinada a biomassa extraída de uma superfície de 0,5 m<sup>2</sup> no momento das avaliações da gravimetria após secagem até obter massa constante. A biomassa total corrigida (g m<sup>-2</sup>) foi calculada como biomassa vegetativa mais biomassa reprodutiva multiplicada por um fator de correção de energia de 1,65 proposto por Duncan et al. (1978). A relação entre a biomassa seca produzida e a água utilizada pela evapotranspiração (g kg<sup>-1</sup>) é denominada de eficiência no uso da água (EUA).

Para determinar a EUR, realizaram-se medições da interceptação da radiação a partir do florescimento e, a partir daí a cada 20 dias, utilizando-se uma barra com um sensor de linha-quantum (AccuPAR radiometer; Decagon Devices, Inc., Pullman, WA). Para a avaliação, as medições foram realizadas entre as 11:00 h e 14:00 h (horário de maior incidência de radiação). Para avaliar a EUR, utilizou-se metodologia descrita por Haro, Baldesari e Otegui (2015), em que, a barra foi colocada acima do dossel (RFAa) e abaixo das folhas verdes (RFAb), realizando-se quatro medições por parcela. A fração de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (fIRFA) foi calculada de acordo com Equação 1.

Os valores de fIRFA obtidos com medições pontuais efetuadas ao meio dia solar, foram ajustados para a variação diurna de fIRFA usando a relação derivada por Muchow (1985), que tem sido aplicada em pesquisas publicadas anteriormente em amendoim (BELL; WRIGHT; HAMMER, 1992). Esta correção é realizada para evitar a subestimação dos cálculos de IRFA no início dos estágios de crescimento da cultura (KEMANIAN; STÖCKLE; HUGGINS, 2004). As partes aéreas dos amendoinceiros foram extraídas de uma superfície de 0,5 m<sup>2</sup> no momento das avaliações da radiação e, foram secas até obter massa constante. A pendente da relação linear entre biomassa total corrigida por custo energético (DUNCAN et al., 1978) e a radiação interceptada acumulada representou a eficiência no uso da radiação (EUR).

$$\text{Equação 1. fIRAF} = 1 - \left( \frac{\text{IRAFb}}{\text{IRAFa}} \right)$$

Além das avaliações de EUA e EUR, realizou-se avaliações morfológicas para avaliar o desenvolvimento das plantas com e sem deficiência hídrica. Em cada época de avaliação, coletou-se ao acaso 3 plantas de amendoim e verificou-se os seguintes parâmetros morfológicos: comprimento da haste principal (cm), comprimento do ramo primário mais desenvolvido (cm) e número de nós por planta. Ao final do experimento foi realizada a colheita para quantificação da produtividade. Para tanto, de cada parcela foram colhidas manualmente plantas em 2m lineares (linhas centrais) que foram submetidas à trilhagem (processo no qual as vagens são retiradas das plantas por meio de uma colheita mecanizada), para separação das vagens e, em seguida, foi determinado o rendimento de vagens e grãos e número de vagens e de grãos.

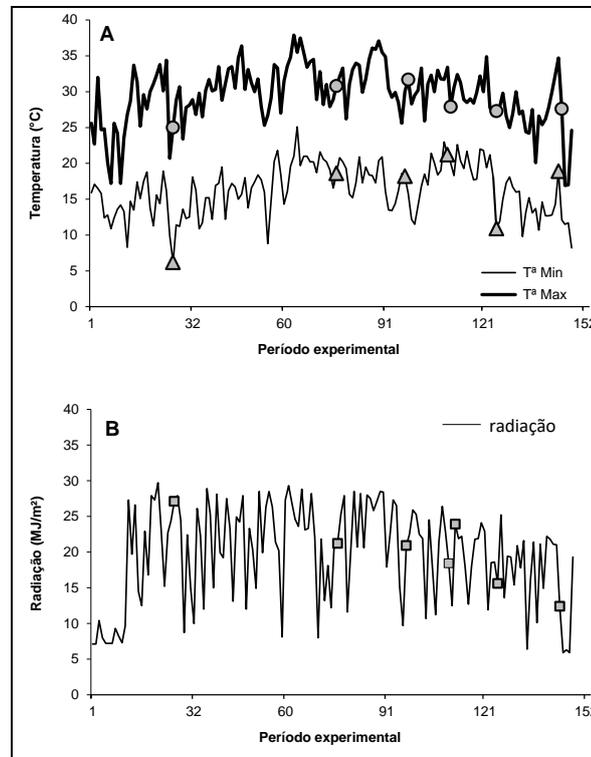
Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, quando significativos para a EUA e EUR os resultados foram submetidos a análise de regressão.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os elementos climáticos são fundamentais para potencializar a produtividade de uma determinada espécie em condições de campo ( DA SILVEIRA et al., 2013; GOMES, 2016); dentre esses, incluem-se as temperaturas máxima, mínima e radiação, que estão apresentados na Figura 1.

Para o presente estudo, no que diz respeito às temperaturas do ar (máximas, mínimas e média), registraram-se os valores 28,7°C, 15,1°C e 21,9°C, respectivamente, durante o período experimental (Figura 1A). Para a radiação, registrou-se valor médio de radiação de 18,9 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 1B). Segundo Bell, Wright e Hammer (1992), a cultura do amendoim possui maior capacidade adaptativa para suportar condições climáticas mais elevadas, sendo que as temperaturas ótimas para seu crescimento e desenvolvimento variam entre 25°C e 30°C. Temperaturas médias inferiores a 20°C durante períodos prolongados podem inibir ou reduzir o crescimento e desenvolvimento das plantas (GOMES, 2016). Contudo, no presente estudo a redução observada em algumas características

morfológicas é devido à falta de água, interceptação da radiação ou influência do espaçamento entre linhas.



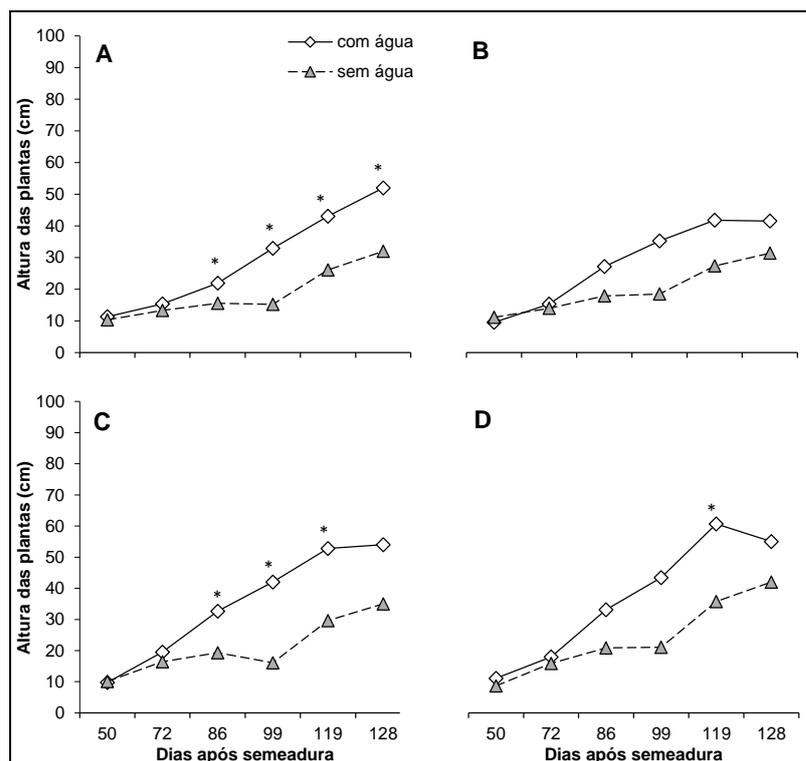
**Figura 1.** Temperatura máxima (°C), mínima (°C) e radiação solar (MJ/m<sup>2</sup>) observado diariamente ao longo do período experimental. Os pontos nas figuras indicam as épocas de avaliações das plantas (INTA, 2015; 2016).

## Morfologia

Na condição hídrica denominada “com estresse”, a disponibilidade de água no perfil do solo (até 2 mts de profundidade) foi entre 30-60% da capacidade de campo, durante o ciclo do cultivo. Os resultados desse estudo incluem respostas associadas ao crescimento e desenvolvimento, onde a altura das plantas (Figura 2) e o comprimento dos ramos primários (Figura 3) correspondem ao primeiro e o número de nós (Figura 4) pertence ao segundo.

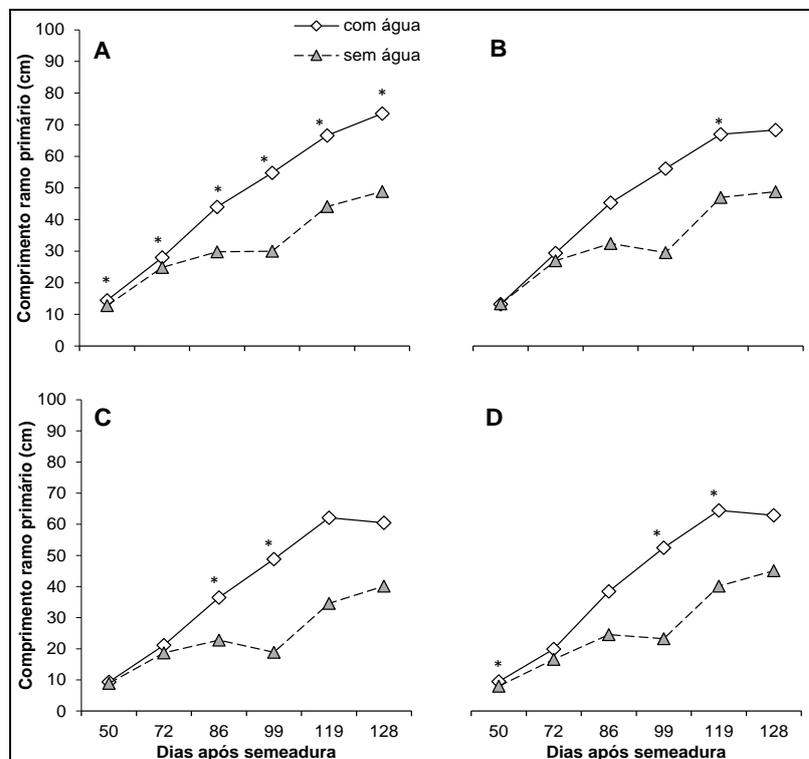
O arranjo espacial formado pela combinação dos espaçamentos entre linhas de semeadura e entre plantas crescendo sob a mesma linha de semeadura, influência sobre os componentes da evapotranspiração (i.e., evaporação e transpiração). A medida que o espaçamento entre linhas de plantas é menor, diminui

a evaporação da água do solo e aumenta a transpiração. O incremento dessa última se associa com maior crescimento, resposta que foi observada para a altura das plantas (Figuras 2A e 2C) e comprimento dos ramos primários (Figuras 3A e 3C). A 52 cm, os cultivares ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe expressaram aumentos constantes de ambos parâmetros sob disponibilidade hídrica (i.e., condição “com água”). Apesar do menor espaçamento (e.g., 52 cm) refletir em aumentos relativos da transpiração sobre a evaporação, a escassa disponibilidade hídrica (i.e., condição “com estresse”) impediu valores de altura de plantas e comprimento dos ramos primários similares aos observados para a condição “com água”. Respostas semelhantes foram constatadas para a altura das plantas (CORREIA; NOGUEIRA, 2004) e para o comprimento dos ramos primários de cultivares rasteiros (ROMANINI JUNIOR, 2007) e eretos (BELLETTINI; ENDO, 2001) submetidos a deficiência hídrica.



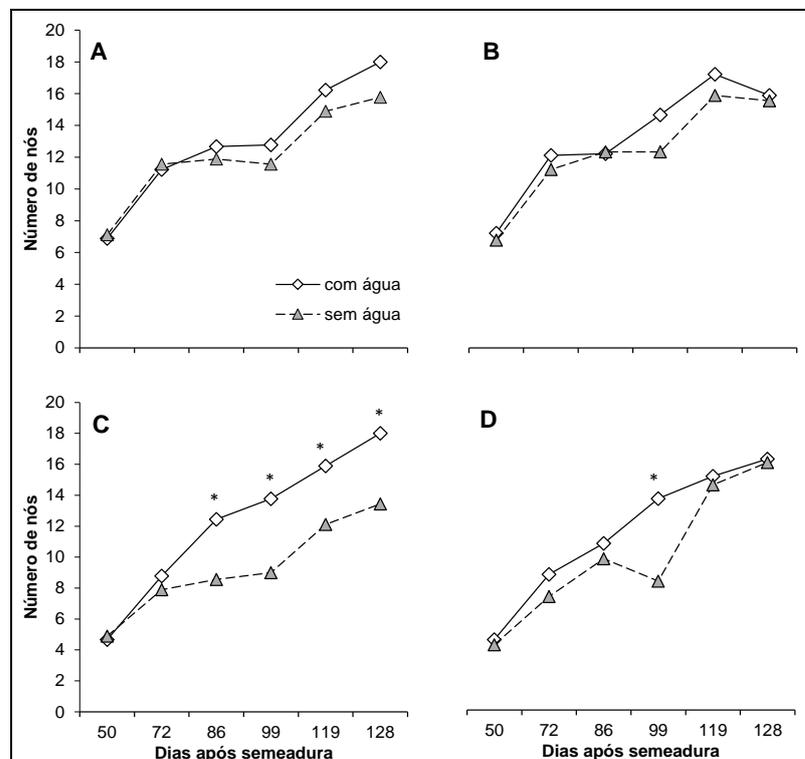
**Figura 2.** Altura das plantas de cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes submetidas a disponibilidades hídricas e espaçamentos entre linhas. A, B correspondem ao cv. ASEM 484 INTA; C, D ao cv. Blanco Santa Fe; A e C comparam as condições hídricas no espaçamento entre linhas a 52 cm; B e D comparam as condições hídricas no espaçamento a 70 cm. (\*) significativo de acordo com teste Tukey (P<0,05).

Além da deficiência hídrica, com o aumento do espaçamento entre linhas de plantas o componente evaporativo é maior em relação ao transpiratório. Esse aumento na evaporação da água do solo ocorreu principalmente durante as primeiras etapas do ciclo de cultivo (devido ao pequeno tamanho das plantas ou escasso canopeo), contudo, essa resposta foi reduzida à medida que o tamanho das plantas e o índice de área foliar aumentaram. Esse cenário ambiental foi o que determinou que as plantas de amendoim não apresentassem aumentos significativos para a altura das plantas (Figuras 2B e 2D) e comprimento dos ramos primários (Figuras 3B e 3D) sob condição “com água” em comparação à condição “com estresse”.



**Figura 3.** Comprimento do ramo primário mais desenvolvido de cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes submetidas a disponibilidades hídricas e espaçamentos entre linhas. A, B correspondem ao cv. ASEM 484 INTA; C, D ao cv. Blanco Santa Fe; A e C comparam as condições hídricas no espaçamento entre linhas a 52 cm; B e D comparam as condições hídricas no espaçamento a 70 cm. (\*) significativo de acordo com teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Entre os espaçamentos e entre as condições hídricas não se registraram, em geral, padrões diferenciais na resposta para o número de nós (Figura 4). Contudo, as plantas do cultivar Blanco Santa Fe crescendo a 52 cm apresentaram aumentos significativos para essa característica sob condição “com água” (Figura 4C). Nós sugerimos que o espaçamento a 52 cm produz um ambiente luminoso diferencial sobre o canopeo, em relação ao espaçamento a 70 cm (Figura 4D), e que esse ambiente proporcionaria aumento no número de nós sob a condição sem deficiência hídrica (i.e., com água). Comportamento similar foi observado por Arruda et al. (2015) avaliando o número de nós de cultivares de amendoim com hábito de crescimento ereto.



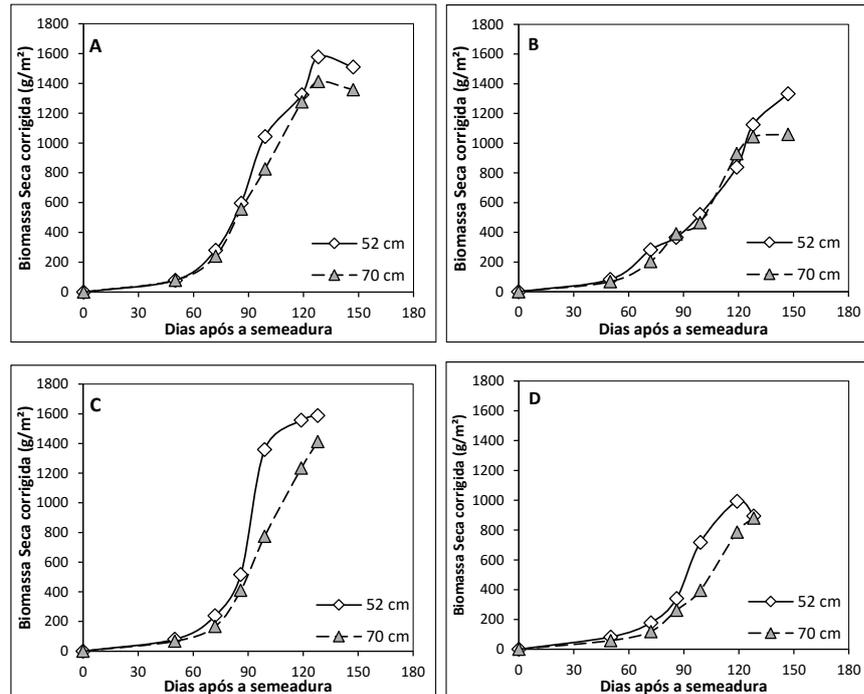
**Figura 4.** Número de nós de cultivares de amendoim com hábitos de crescimento contrastantes submetidas a disponibilidades hídricas e espaçamentos entre linhas. A, B correspondem ao cv. ASEM 484 INTA; C, D ao cv. Blanco Santa Fe; A e C comparam as condições hídricas no espaçamento entre linhas a 52 cm; B e D comparam as condições hídricas no espaçamento a 70 cm. (\*) significativo de acordo com teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

## **Biomassa seca total corrigida**

Na Figura 5 está expressa a biomassa seca total corrigida por custo energético ao longo de todo período experimental. Para os tratamentos sob disponibilidade hídrica (Figuras 5A e 5C), observou-se que houve maior acúmulo de massa em relação as plantas sob deficiência hídrica (Figuras 5B e 5D).

As plantas de ambos os cultivares sob disponibilidade hídrica apresentaram acúmulo de biomassa seca de aproximadamente 1600 g/m<sup>2</sup> e 1400 g/m<sup>2</sup> nos espaçamentos entre linhas a 52 cm e 70 cm, respectivamente (Figuras 5A e 5C). Para as plantas sob deficiência hídrica (Figuras 5B e 5D), constatou-se redução da biomassa seca, devido ao período de estresse (déficit hídrico) das plantas (entre 70 e 90 DAS), o qual, promoveu estagnação do crescimento e desenvolvimento. Após esse período de estresse (retomada das chuvas), constatou-se que as plantas apresentaram rápida recuperação, voltando à acumular biomassa, no entanto, ao final do experimento verificou-se que o efeito da deficiência hídrica promoveu reduções para ambos cultivares, quando comparados com os tratamentos sob disponibilidade hídrica.

Para o cultivar ASEM 484 INTA essa redução foi de 12,5 e 29,0% para as plantas sob os espaçamentos entre linhas a 52 cm e 70 cm, respectivamente (Figuras 5A e 5B). Para o cultivar Blanco Santa Fe, verificou-se efeito mais drástico, com reduções de 37,0 e 39,0% nos espaçamentos a 52 cm e 70 cm, respectivamente (Figuras 5C e 5D), demonstrando assim, maior susceptibilidade desse cultivar à deficiência hídrica. Correia e Nogueira (2004), verificaram que a produção de biomassa seca total de plantas de amendoim sob deficiência hídrica apresentou redução de 44,5%, em comparação com plantas hidratadas. Arruda et al. (2015), também constataram que a deficiência hídrica afeta negativamente a variável massa seca de cultivares de amendoim. Romanini Junior (2007), estudando o efeito do espaçamento entre linhas, não constatou diferenças para a massa seca de plantas de amendoim.



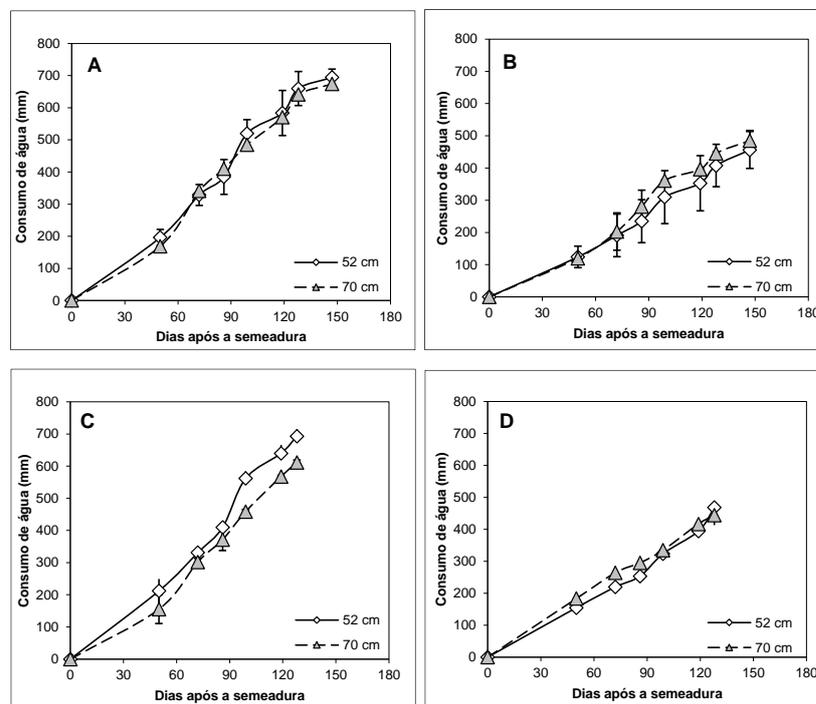
**Figura 5.** Biomassa seca total ( $\text{g/m}^2$ ) corrigida por custo energético dos cultivares de amendoim submetidas a disponibilidades hídricas e espaçamentos entre linhas. A e B correspondem ao cv. ASEM 484 INTA; C e D ao cv. Blanco Santa Fe; A e C indicam a condição com disponibilidade hídrica; B e D indicam a condição com deficiência hídrica.

### Consumo de água

Na Figura 6 observou-se o consumo de água dos genótipos submetidos a condições hídricas. Para as plantas sob disponibilidade hídrica, observou-se que para o cultivar ASEM 484 INTA o consumo máximo foi próximo aos 700 mm de água, independentemente do espaçamento (Figura 6A). Para o cultivar Blanco Santa Fe, verificou-se que as plantas submetidas ao espaçamento a 52 cm apresentaram consumo máximo próximo a 700 mm, enquanto, a 70 cm foi de 600 mm (Figura 6C), demonstrando assim, que o efeito do espaçamento pode variar entre as respostas das plantas de hábito de crescimento ereto. Estudos realizados por Doorenbos e Kassam (1994) afirmam que a cultura do amendoim necessita de aplicação de 500 a 700 mm de água durante o seu ciclo de cultivo para expressar seu ótimo potencial produtivo. Cardozo, Volpe e Araújo (2009), estudando o consumo hídrico do cultivar Runner IAC 886 em campo, constataram valores entre 500 e 600 mm. Gomes

(2016) verificou consumo variando entre 577,2 a 853,2 mm para cultivar Runner IAC 886.

Para as plantas sob deficiência hídrica, verificou-se que o consumo máximo de água foi de cerca de 450 mm para ambos cultivares. Sob deficiência hídrica, constatou-se que ao longo do tempo, as plantas submetidas ao espaçamento a 70 cm apresentaram maior necessidade de água em relação ao espaçamento a 52 cm (Figuras 6B e 6D), isso ocorre porque na distância de 70 cm há maior perda de água pela evaporação, o que acarreta em menor disponibilidade hídrica para as plantas.



**Figura 6.** Consumo de água pelas plantas dos cultivares de amendoim submetidas a disponibilidades hídricas e espaçamentos entre linhas. A e B correspondem ao cv. ASEM 484 INTA; C e D ao cv. Blanco Santa Fe; A e C indicam a condição com disponibilidade hídrica; B e D indicam a condição com deficiência hídrica.

Comparando o comportamento dos cultivares entre as condições hídricas, observou-se que as plantas sob deficiência hídrica apresentaram redução no consumo de água, quando comparadas com as plantas hidratadas (efeito do estresse). Essa redução foi em média 250 mm menor nas plantas sob deficiência hídrica, essa diferença no consumo pode ser responsável pelas respostas negativas

no comportamento fisiológico, morfológico e em características bioquímicas, apesar de não avaliadas no presente estudo.

### **Eficiência no uso da água**

Independentemente da condição hídrica, não se verificou diferenças significativas entre os espaçamentos para os dois cultivares (Figura 7), determinando-se um único ajuste do tipo linear.

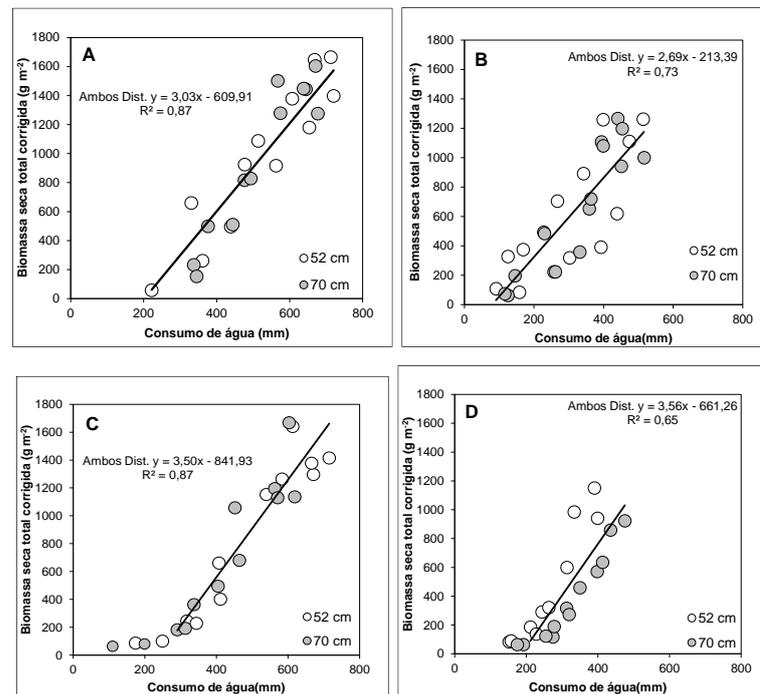
A EUA do cv. ASEM 484 INTA submetido ao tratamento sem deficiência hídrica foi de 3,03 g de biomassa/mm consumido, gerando uma biomassa total de 1600 g m<sup>-2</sup> com cerca de 700 mm (Figura 7A). Quando se analisa o mesmo cultivar sob deficiência hídrica, observa-se que a eficiência foi de 2,69 g de biomassa/mm consumido (Figura 7B), representando uma diminuição de 11% em relação ao tratamento sem deficiência hídrica. Sob deficiência hídrica, a produção de biomassa foi de 1200 g m<sup>-2</sup> com um consumo de 500 mm de água.

Para o cv. Blanco Santa Fe sem deficiência hídrica, observou-se efeito similar ao cv. ASEM 484 INTA, apresentando produção máxima de biomassa de 1600 g m<sup>-2</sup> com cerca de 700 mm e apresentando uma EUA de 3,50 g mm<sup>-1</sup> de água consumida (Figura 7C). Do total de 700 mm, 500 mm foram associados à transpiração e 200 mm à evaporação da água do solo, gerando uma produção total de biomassa de 1600 g m<sup>-2</sup>. Sob deficiência hídrica (Figura 7D), o valor da EUA foi similar ao tratamento com disponibilidade hídrica; entretanto, apresentou um consumo total de 500 mm, dos quais 300 mm foram destinados a produção de biomassa (associados à transpiração) e 200 mm à evaporação da água do solo. Nessa condição, a produção de biomassa foi de 1000 g m<sup>-2</sup>. Em resumo, mesmo a eficiência sendo similar entre as duas condições, há uma redução expressiva na produção de biomassa e consumo, quando as plantas foram submetidas à deficiência hídrica.

Comparando os dados da EUA entre os cultivares com disponibilidade hídrica (Figuras 7A e 7C), pode-se verificar que o consumo e a produção de biomassa foram similares. Contudo, quando submetidas a deficiência hídrica (Figuras 7B e 7D), observou-se variação nos genótipos por meio de valores significativamente diferentes para a EUA, sendo 2,69 g mm<sup>-1</sup> para cv. ASEM 484 INTA (Figura 7B) e 3,56 g mm<sup>-1</sup> para o cv. Blanco Santa Fe (Figura 7D). Esses resultados corroboram

as pesquisas encontradas na literatura (MATTHEWS et al, 1988; WRIGHT et al, 1991; CHAPMAN et al, 1993).

A faixa de EUA determinada nesse estudo para os dois cultivares com hábitos de crescimento contrastantes e submetidos aos dois espaçamentos situa-se entre aqueles valores de estudos previamente realizados nessa e em outras latitudes (e.g., COLLINO et. al., 2000, 2,25 e 3,90 g/mm; WRIGHT; NAGESWARA RAO, 1994, 1,8 a 3,7 g/mm).

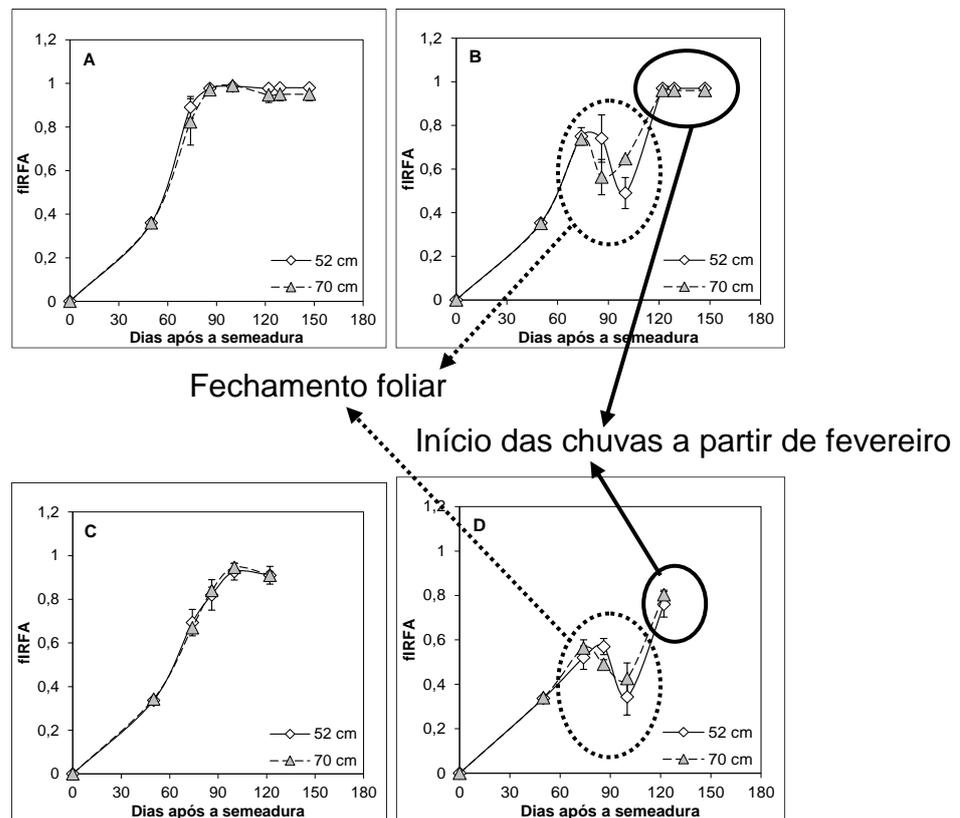


**Figura 7.** Eficiência no uso da água em cultivares de amendoim submetidas a disponibilidades hídricas e espaçamentos entre linhas. A e B correspondem ao cv. ASEM 484 INTA; C e D ao cv. Blanco Santa Fe; A e C indicam a condição com disponibilidade hídrica; B e D indicam a condição com deficiência hídrica.

### Fração de interceptação da radiação

A dinâmica da interceptação da radiação para ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe crescendo com disponibilidade hídrica foi idêntica entre os espaçamentos (52 cm e 70 cm), apresentando cerca de 95% de interceptação de radiação (i.e., índice de área foliar crítico) a partir dos 90 DAS para ambos os cultivares e se manteve até a colheita (Figuras 8A e 8C). Diferentemente das plantas com irrigação,

as plantas sob deficiência hídrica apresentaram seu ponto máximo de crescimento até os 70 dias (em ambos os cultivares), interceptando cerca de 80% e 60% de radiação (ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe, respectivamente, Figuras 8B e 8D). Após esse período, houve um intervalo drástico de seca, com o aumento das temperaturas e falta de irrigação (estresse), proporcionando, assim, um período de deficiência hídrica mais acentuado o que acarretou no fechamento foliar e, promoveu menor capacidade de interceptação. Esse cenário foi entre os 70 DAS até aproximadamente os 100 DAS, causando reduções de cerca de 30% para ambos cultivares (Figuras 8B e 8D). Após esse período de estresse, as chuvas voltaram e as temperaturas se mantiveram adequadas, proporcionando condições normais para a realização das atividades fotossintéticas e, assim, houve a retomada no crescimento das plantas.



**Figura 8.** Fração de interceptação da radiação em cultivares de amendoim submetidas a disponibilidades hídricas e espaçamentos entre linhas. A e B correspondem ao cv. ASEM 484 INTA; C e D ao cv. Blanco Santa Fe; A e C indicam a condição com disponibilidade hídrica; B e D indicam a condição com deficiência hídrica.

## **Eficiência no uso da radiação**

A EUR do cv. ASEM 484 INTA se ajustou a um único modelo linear para ambos espaçamentos sob as condições hídricas, determinando-se valores de  $1,92 \text{ g MJ}^{-1}$  com disponibilidade hídrica (Figura 9A) e  $1,18 \text{ g MJ}^{-1}$  sob deficiência hídrica (Figura 9B).

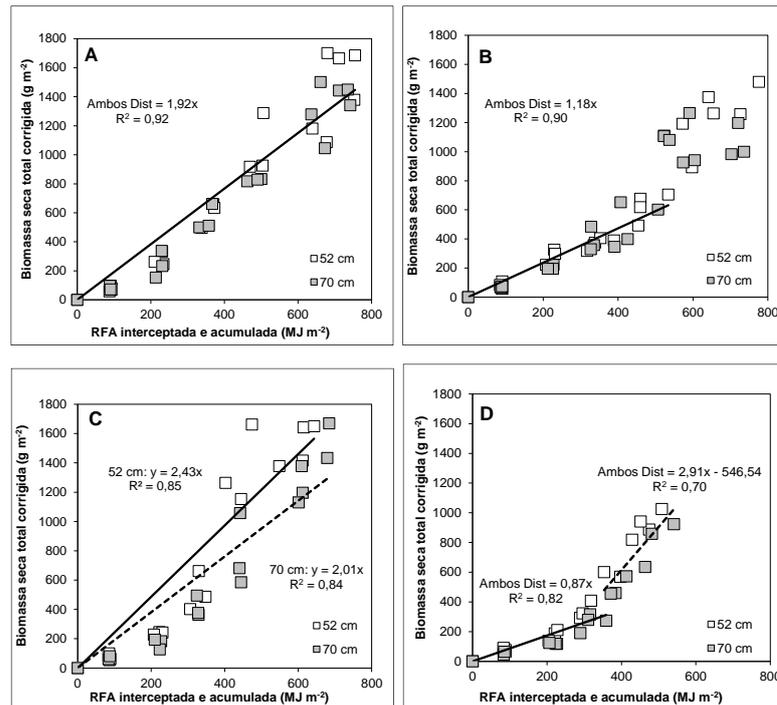
Para a condição de disponibilidade hídrica, a EUR foi apresentada durante todo o ciclo de cultivo, enquanto, sob condição de deficiência hídrica o modelo linear foi ajustado para os valores correspondentes entre a semeadura e os 100 DAS (i.e., ca. até  $580 \text{ MJ m}^{-2}$  de radiação acumulada e até  $780 \text{ g m}^{-2}$ ). A partir dos 100 DAS a presença de chuvas permitiu ao cultivo incrementar bruscamente os valores da radiação interceptada acumulada ( $795 \text{ MJ m}^{-2}$ ) e de biomassa ( $800 \text{ g m}^{-2}$ ) (pontos aglomerados Figura 9B), contudo, o crescimento máximo não chegou a igualar a produção de biomassa, quando comparado com a condição de disponibilidade hídrica ( $1700 \text{ g m}^{-2}$  e  $1500 \text{ g m}^{-2}$  em plantas sem e com estresse hídrico, respectivamente).

Comparando a produção de biomassa e interceptação entre os tratamentos hídricos (com e sem água), observou-se que com interceptação de cerca de  $550 \text{ MJ m}^{-2}$  as plantas sob deficiência hídrica produziram aproximadamente  $700 \text{ g m}^{-2}$  de biomassa, enquanto em plantas hidratadas esse acúmulo foi cerca de  $900 \text{ g m}^{-2}$ , demonstrando, assim, menor atividade fotossintética das plantas sob deficiência hídrica (isso até os 100 DAS) (Figuras 9A e 9B).

Em relação ao cultivar Blanco Santa Fe sem restrição hídrica (Figura 9C), constatou-se diferença estatística entre os espaçamentos, sendo que a EUR a 52 cm foi maior que a 70 cm ( $2,43 \text{ g MJ}^{-1}$  e  $2,01 \text{ g MJ}^{-1}$ ). Ao final do experimento, a cultura crescendo a 52 cm apresentou incremento de 17% na biomassa em relação ao espaçamento a 70 cm. Isso representa uma boa alternativa para o manejo da cultura, visto que, com a rápida formação do dossel há menor necessidade de tratos culturais (AMBIENTE BRASIL, 2009). Com a formação mais rápida do dossel, ocorre o fechamento das entre linhas promovendo diminuição no manejo das plantas daninhas, e isso, demonstra uma prática econômica e sustentavelmente correta.

Comparando os espaçamentos para o cultivar Blanco Santa Fe sob deficiência hídrica não foi constatado efeito significativo (Figura 9D). A resposta do cv. Blanco Santa Fe foi similar ao cv. ASEM 484 INTA crescendo sob deficiência hídrica, onde há dois agrupamentos representando respostas contrastantes. Um primeiro grupo relacionado aos valores de biomassa e radiação interceptada entre a semeadura e os 100 DAS, determinando valor de EUR de  $0,87 \text{ g MJ}^{-1}$  e um segundo grupo que representou os valores a partir dos 100 DAS até a colheita, determinando uma EUR de  $2,91 \text{ g MJ}^{-1}$ . O aumento na EUR nesse último agrupamento se deve a presença de chuvas que refletiu em aumentos de biomassa e da radiação interceptada. Comparando os tratamentos hídricos (com e sem estresse), sob radiação acumulada de  $380 \text{ MJ m}^{-2}$ , o cv. Blanco Santa Fe com disponibilidade hídrica produziu  $750 \text{ g m}^{-2}$  (média entre os espaçamentos) e sob deficiência hídrica produziu  $300 \text{ g m}^{-2}$ , implicando em uma redução de 60% sob esta última condição. É interessante ressaltar que a EUR foi maior para o cv. Blanco Santa Fe em comparação com o cv. ASEM 484 INTA, em ambas as condições hídricas.

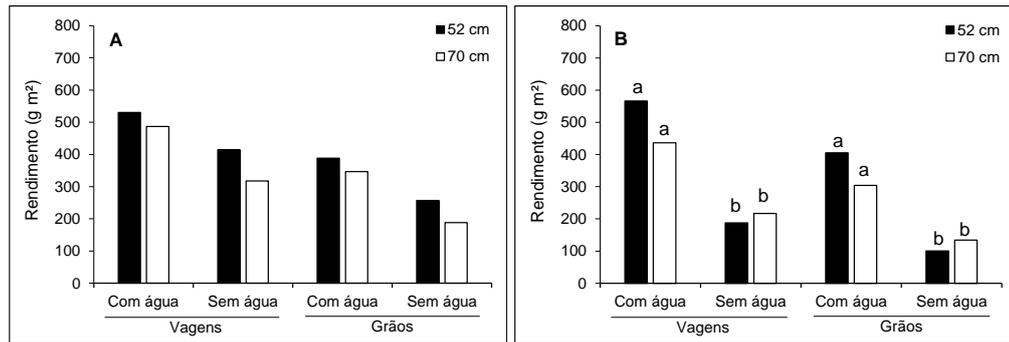
Com disponibilidade hídrica, o cv. ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe produziram ca.  $1700 \text{ g m}^{-2}$  de biomassa, contudo o cv. Blanco Santa Fe necessitou menor energia (ca.  $150 \text{ MJ m}^{-2}$ ). Sob deficiência hídrica, o cv. ASEM 484 INTA produziu ca.  $1500 \text{ g m}^{-2}$  de biomassa com  $780 \text{ MJ m}^{-2}$ , enquanto Blanco Santa Fe produziu  $1000 \text{ g m}^{-2}$  com  $550 \text{ MJ m}^{-2}$ . Para Gallagher e Biscoe (1978), a eficiência na interceptação é influenciada pela área foliar, ângulo foliar e distribuição das folhas no dossel. Segundo Lambers et al. (1998), culturas com folhas eretas similares ao cv. Blanco Santa Fe apresentam menor coeficiente de extinção da radiação solar em relação a plantas com folhas horizontais. Esses baixos coeficientes de extinção da radiação podem melhorar o aproveitamento da energia incidente (CARDOSO et al., 2010), demonstrando, assim, melhor aproveitamento na EUR.



**Figura 9.** Eficiência no uso da radiação em cultivares de amendoim submetidos a deficiência hídrica e espaçamentos entre linhas. A e B (cultivar rasteira, ASEM 484 INTA); C e D (cultivar ereta, Blanco Santa Fé); A e C (com disponibilidade hídrica); B e D (com deficiência hídrica).

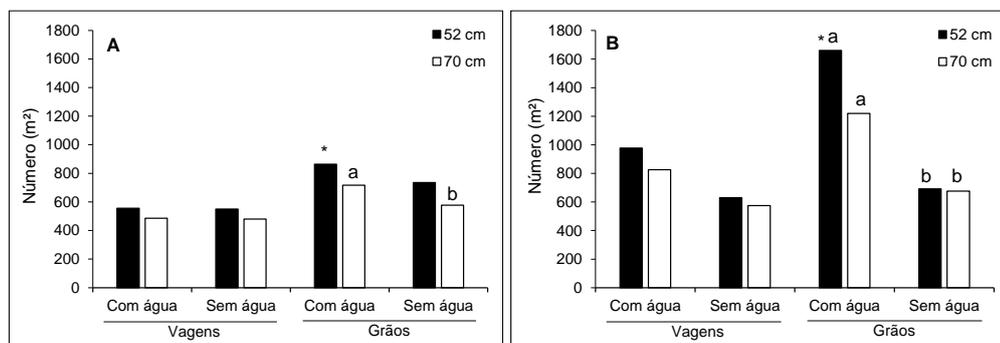
## Produtividade

Para o rendimento de vagens e grãos (g m<sup>-2</sup>), não se observou diferença significativa para o cultivar ASEM 484 INTA, independentemente da condição hídrica e espaçamento entre linhas (Figura 10A). Para o cultivar Blanco Santa Fe (Figura 10B), constatou-se que houve diferenças apenas entre as condições hídricas. Todas as plantas submetidas a deficiência hídrica apresentaram redução no rendimento de vagens e de grãos, quando comparadas com os tratamentos hidratados. A redução para o rendimento de vagens foi de 66% e 50% e para o rendimento de grãos foi de 75% e 56%, para os espaçamentos a 52 cm e 70 cm, respectivamente.



**Figura 10.** Produtividade em vagens ( $\text{g/m}^2$ ) e em grãos ( $\text{g/m}^2$ ) de cultivares de amendoim submetidos a deficiência hídrica e espaçamentos entre linhas. A (cultivar rasteira, ASEM 484 INTA) e B (cultivar ereta, Blanco Santa Fe). Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem disponibilidade hídrica para cada espaçamento.

Analisando o número de vagens e de grãos ( $\text{m}^{-2}$ ), verificou-se que para o cultivar ASEM 484 INTA, houve diferença significativa apenas para o número de grãos. Para esse parâmetro, observou-se que a deficiência hídrica influenciou no rendimento de grãos das plantas submetidas ao espaçamento a 70 cm. Além disso, constatou-se diferença entre os espaçamentos (52 cm e 70 cm) para as plantas com disponibilidade hídrica, sendo que, o espaçamento a 70 cm apresentou redução no número de grãos, em relação ao espaçamento a 52 cm (Figura 11A).



**Figura 11.** Produtividade em vagens e em grãos de cultivares de amendoim submetidos a deficiência hídrica e espaçamentos entre linhas. A (cultivar rasteira, ASEM 484 INTA) e B (cultivar ereta, Blanco Santa Fe). Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem disponibilidade hídrica para cada espaçamento. (\*) compara os espaçamentos em cada condição hídrica.

Para o Blanco Santa Fe, verificou-se comportamento similar ao ASEM 484 INTA, constatou-se que ambos os espaçamentos promoveram efeito negativo no

número de grãos das plantas submetidas a deficiência hídrica. Para esse cultivar, também observou-se que entre os espaçamentos com disponibilidade hídrica, 70 cm foi mais prejudicial que a 52 cm (Figura 11B).

## CONCLUSÃO

Diante do presente estudo concluiu-se que (i) o cultivar Blanco Santa Fe (porte ereto) possui maior EUA que o cultivar ASEM 484 INTA (porte rasteiro), independentemente da condição hídrica; (ii) para o cultivar ASEM 484 INTA, os espaçamentos entre linhas (52 cm e 70 cm) não interfere na EUR, independentemente da condição hídrica; (iii) para Blanco Santa Fe com disponibilidade hídrica, o espaçamento a 52 cm proporciona maior aproveitamento na EUR em relação ao espaçamento a 70 cm; (iv) para ambos cultivares, a deficiência hídrica reduz a EUR; (v) o cultivar ereto (Blanco Santa Fe) sob deficiência hídrica apresenta maior EUR, em relação ao cultivar rasteira (ASEM 484 INTA); (vi) para a morfologia, a deficiência hídrica afeta negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas durante a fase vegetativa e reprodutiva de ambos cultivares e não há influência dos espaçamentos entre linhas para cada condição hídrica.

## REFERÊNCIAS

ALVES, G. M. R. **Variabilidade genotípica de amendoim submetido ao estresse hídrico baseada em descritores bioquímicos**. 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2013.

AMBIENTE BRASIL, 2009. Disponível em: <http://www.guiaflorestal.com.br/?pg=lerartigo&id=83>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

ARRUDA, I. M.; CIRINO, V. M.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 146-154, 2015.

BALDWIN, J. A.; HARRISON, K. A. Determining water use in peanut production. **Irrigation Journal**, Chicago, v. 46, n. 6, p. 18-21, 1996.

BELL, M. J.; WRIGHT, G. C.; HAMMER, G. I. Night temperature effects radiation use efficiency in peanut. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 1329-1335, 1992.

BELLETTINI, N. M. T.; ENDO, R. M. Comportamento do amendoim “das águas”, (*Arachis hypogaea* L), sob diferentes espaçamentos e densidade de semeadura. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1249-1256, 2001.

BOOTE, K. J.; KETRING, D. L. **Peanut**. Chapter 22. In: Irrigation of Agricultural Crops (eds. B.A. Stewart y O.R Nielsen), Agronomy Monograph, v. 30, 1990, p. 675-717.

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; MANDELLI, F. Padrões de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2010.

CARDOZO, N. P.; VOLPE, C. A.; ARAÚJO JUNIOR, I. P. Consumo hídrico de dois cultivares de amendoim em função da época de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2009. p. 1-5.

CARON, B. O.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; SCHMIDT, D.; POMMER, F. P.; BIANCHI, A. Influência da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de fitomassa da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 275-283, 2003.

CERIONI, G. A. **Déficit hídrico en las etapas reproductivas del maní (*Arachis hypogaea* L.), su influencia sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad**. 2003. 95 f. Tesis M.Sc. Fac. Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. FAV-UNRC. Córdoba, Río Cuarto, 2003.

CHAPMAN, S. C.; LUDLOW, M. M.; BLAMEY, F. P. C.; FISCHER, K. S. Effect of drought during early reproductive development on growth of varieties of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). I. Utilization of radiation and water during drought. **Field Crops Research**, v. 32, n. 3-4, p. 193-210, 1993.

COLLINO, D. J.; DARDANELLI, J. L.; SERENO, R.; RACCA, R. W. Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress: water uptake and water use efficiency. **Field Crops Research**, v. 68, n. 2, p. 133–142, 2000.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2004.

DA SILVEIRA, P. S.; PEIXOTO, C. P.; DA SILVA LEDO, C. A.; PASSOS, A. R.; BORGES, V. P.; BLOISI, L. F. M. Fenologia e produtividade do amendoim em diferentes épocas de semeadura no recôncavo sul baiano. Phenology and yield of peanut in different sowing seasons in southern Bahia recôncavo. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 553-561, 2013.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos de FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DUNCAN, E. G.; MCCLOUD, D. E.; MCGRAW, R. L.; BOOTE, K. J. Physiological aspects of peanut yield improvement. **Crop Science**. v. 18, n. 6, p. 1015-1020, 1978.

ECHER, F. R.; CUSTÓDIO, C. C.; HOSSOMI, S. T.; DOMINATO, J. C.; MACHADO NETO, N. B. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 638-645, 2010.

FERNANDEZ, E. M.; GIAYETTO, O.; SOBARI, L. C.; CERIONI, G. A. Ecofisiología y Factores Ambientales. **El cultivo de maní en Córdoba**. Capítulo V, 2006, p. 89-112.

GALLAGHER, J. N.; BISCOE, P. V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 91, n. 1, p. 47-60, 1978.

GIAMBASTIANI, G. **Calidad fisiológica de las semillas de maní obtenidas con diferente disponibilidad hídrica en el cultivo madre**. 1998. 32 f. Tesis M.Sc. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, 1998.

GOMES, D. G. **Crescimento e produção do amendoim Runner IAC 886 sob diferentes lâminas de irrigação**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016.

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. **Boletines meteorológicos por año y mes**. 2015. Disponível em: <<http://inta.gob.ar/documentos/informacion-meteorologica-mensual-de-la-eea-manfredi>> Acesso: 28/02/2017.

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. **Boletines meteorológicos por año y mes**. 2016. Disponível em: <<http://inta.gob.ar/documentos/informacion-meteorologica-mensual-de-la-eea-manfredi>> Acesso: 28/02/2017.

HARO, R. J.; DARDANELLI, J. L.; OTEGUI, M. E.; COLLINO, D. J. Seed yield determination of peanut crops under water deficit: soil strength effects on pod set, the source-sink ratio and radiation use efficiency. **Field Crops Research**, v. 109, n. 1, p. 24–33, 2008.

HARO, R. J.; DARDANELLI, J. L.; COLLINO, D. J.; OTEGUI, M. E. Water deficit and impaired pegging effects on peanut seed yield: links with water and photosynthetically active radiation use efficiencies. **Crop & Pasture Science**, v. 61, n. 5, p. 343-352, 2010.

HARO, R. J.; MANTESEB, A.; OTEGUI, M. E. Peg viability and pod set in peanut: Response to impaired pegging and water deficit. **Flora**, v. 206, n. 10, p. 865– 871, 2011.

HARO, R. J.; BALDESSARI, J.; OTEGUI, M. E. "Genetic improvement of peanut in Argentina between 1948 and 2004: Links between phenology and grain yield determinants." **Field Crops Research**, v. 174, n. 1, p. 12-19, 2015.

KEMANIAN, A. R.; STÖCKLE, C. O.; HUGGINS, D. R., 2004. Variability of barley radiation use efficiency. **Crop Science**, v. 44, n. 5, p. 1662-1672, 2004.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998, p. 450.

MANTOVANI, E. C.; DELAZARI, F. T.; DIAS, L. E.; ASSIS, I. R.; VIEIRA, G. H. S.; LANDIM, F. M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 602-606, 2013.

MATTHEWS, R. B.; HARRIS, D.; NAGESWARA RAO, R. C.; WILLIAMS, J. H.; WADIA, K. D. R. The physiological basis for yield differences between four genotypes of groundnut (*Arachis hypogaea*) in response to drought. 1. Dry matter production and water use. **Experimental Agriculture**, v. 24, n. 2, p. 191-202, 1988.

MUCHOW, R. C. An analysis of the effects of water deficits on grain legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. **Field Crops Research**, v. 11, n. 1, p. 309-323, 1985.

NAKAGAWA, J.; SCOTON, L. C.; NEPTUME, A. M. L. Comparação entre dois métodos de plantio para o amendoim II. **Revista Agricultura, Piracicaba**, v. 41, n. 5, p. 155-162, 1966.

PABLO, C. J. **Efecto de condiciones hídricas contrastantes (riego y secano) sobre la eficiencia de uso del agua, crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de maní**. 2013. 42 f. Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 2013.

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, n. 1, p. 70-76, 2016.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; COSTA, L. C. Desenvolvimento foliar das culturas da soja e do feijão e de plantas daninhas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 207- 211, 2003.

REDDY, T. Y.; REDDY, V. R., ANBUMOZHI, V. Physiological Responses of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) To Drought Stress and Its Amelioration: A Critical Review. **Plant Growth Regulation**, v.41, n. 1, p.75–88, 2003.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. **Métodos e estratégias de manejo de irrigação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 10 p. (Circular Técnica, 19).

ROMANINI JUNIOR, A. **Influência do espaçamento de plantas no crescimento, produtividade e rendimento do amendoim rasteiro, cultivar Runner IAC 886.** 2007. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

RUIZ, R. A.; BERTERO, H. D. Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. **European Journal of Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 144-152, 2008.

SANTOS, R. C.; GODOY, J. I.; FÁVERO, A. P. **Melhoramento do amendoim e cultivares comerciais.** In: SANTOS, R. C. O agronegócio do amendoim no Brasil, Embrapa Algodão, 2013, p. 115-178.

SILVA, L. C. **Respostas ecofisiológicas e desempenho agrônômico do amendoim cv. BR1 submetido a diferentes lâminas e intervalos de irrigação.** 1997. 127 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 1997.

STEWART, D. W.; COSTA, C.; DWYER, L. M.; SMITH, D. L.; HAMILTON, R. I.; MA, B. L. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 6, p. 1465-1474, 2003.

VALLIYODAN, B.; NGUYEN, H. T. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, n. 2, p. 189-195, 2006.

WRIGHT, G. C.; HUBICK, K. T.; FARQUHAR, G. D. Physiological analysis of peanut varieties response to timing and duration of drought stress. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 42, n. 1, p. 453-470, 1991.

WRIGHT, G. C.; NAGESWARA RAO, R. C. **Groundnut water relations.** In: Smart, J. (Ed.), *The Groundnut Crop. A Scientific Basis for Improvement.* Chapman & Hall, London, 1994, p. 281-335.

## **CAPITULO 5 - Viabilidade dos ginóforos em genótipos de amendoim: Respostas da impedância, disponibilidade hídrica e temperatura**

**RESUMO** - Vários fatores abióticos podem interferir na produtividade da cultura do amendoim. Entre eles, água e temperatura. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de genótipos de amendoim com crescimento contrastantes submetidos a períodos de impedância, condições hídricas e temperaturas, para constatar os efeitos na viabilidade dos ginóforos. Para isso, realizou-se dois experimentos em área agrícola do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), localizado na cidade de Manfredi, Argentina. Para o primeiro experimento, os tratamentos consistiram de 5 genótipos submetidos a 2 condições hídricas e 5 épocas de impedância. Para o segundo experimento, foram utilizados 2 cultivares submetidos a 2 condições hídricas, 2 condições térmicas e 3 épocas de impedância. Para ambos experimentos, os vasos sob deficiência hídrica, foram acondicionados em estufa plástica de polietileno transparente, para evitar a ocorrência de chuva durante os períodos de estresses. Para o tratamento controle, as plantas foram irrigadas mantendo-se a capacidade de campo a 70%. No primeiro experimento, os resultados evidenciaram grande variabilidade genotípica entre os cultivares e hábitos de crescimento do amendoim. A deficiência hídrica e os períodos de impedância promovem perdas acentuadas e proporcionais na viabilidade dos ginóforos de amendoim nos cultivares testados, sendo os cvs. rasteiros menos afetados pelos períodos de impedância. No segundo experimento, constatou-se que, (i) o aumento nos períodos de impedância reduz a viabilidade dos ginóforos; (ii) os estresses hídrico e térmico reduzem a viabilidade dos ginóforos, cujo efeito foi mais acentuado na combinação dos dois fatores; (iii) o cultivar com hábito de crescimento ereto foi mais afetado que o cultivar rasteiro.

**Palavras-chave** - *Arachis hypogaea* L.; água; deficiência hídrica; seca; estresse hídrico; temperatura; estresse térmico.

## **CHAPTER 5 - Peg viability in peanut crop: Response to impaired pegging, water availability, temperature and genetic variability**

**ABSTRACT** - Several abiotic factors may interfere with peanut crop productivity. Among them, water and temperature. The aim of this study was to evaluate the behavior of contrasting peanut genotypes subjected to periods of impedance, water conditions and temperatures, to verify the effects on the viability of pegs. For that, two experiments were carried out in agricultural area of the National Institute of Agricultural Technology (INTA), located in the city of Manfredi, Argentina. For the first experiment, treatments consisted of 5 cvs. submitted to 2 hydric conditions and 5 periods of impedance. For the second experiment, 2 cvs. were submitted to 2 water conditions, 2 thermal conditions and 3 periods of impedance. For both experiments, pots under water deficiency were placed in a greenhouse with transparent polyethylene plastic to avoid rainfall during periods of stress. For the control treatment, the plants were irrigated maintaining the field capacity at 70%. In the first experiment, the results showed great genotype variability among cultivars and peanut growth habits. The water deficiency and the periods of impedance promote accentuated and proportional losses in the viability of the peanut pegs in the cultivars tested, showing the runner cvs. less affected by the impedance periods. In the second experiment, it was found that, (i) the increase in impedance periods reduces the viability of pegs; (ii) water and thermal stresses reduce the viability of pegs, but the effect was more pronounced in the combination of the two factors; (iii) the cultivar with erect growth habit was more affected than the cultivar runner.

**Keywords** - *Arachis hypogaea* L.; water deficit; dry; hydric stress; temperature; thermal stresses.

## INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma das principais culturas oleaginosas. Sua produção, em nível mundial, é estimada em 40 milhões de toneladas (USDA, 2017). Na última safra 2015/16, a Argentina apresentou produção superior a 900 mil toneladas. Desse total, cerca de 90% da produção nacional está concentrada na província de Córdoba.

Entre os principais fatores que podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, a deficiência hídrica é considerada o estresse de maior impacto negativo sobre o rendimento das culturas em todo o mundo (PEREIRA et al., 2016; VALLIYODAN; NGUYEN, 2006). A falta de água no solo representa uma condição limitante para o crescimento das plantas. Segundo Alves (2013) o estresse hídrico pode interferir em processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos.

O amendoim é uma oleaginosa conhecida por apresentar potencial para se desenvolver em áreas com menor disponibilidade hídrica, demonstrando assim, certa tolerância ao estresse hídrico, principalmente pela sua habilidade em conviver em ambientes com baixa disponibilidade hídrica (PEREIRA et al., 2012; NOGUEIRA; SANTOS, 2000; SANTOS; FREIRE; LIMA, 2013). Contudo, dependendo da duração e da intensidade, a deficiência hídrica tem um impacto negativo importante na produtividade do amendoim (JONGRUNGKLANG et al., 2012) e suas consequências dependem principalmente do estágio fenológico que ocorre esse estresse. Para a cultura do amendoim, a maior demanda hídrica ocorre durante o florescimento e frutificação (NETO; COSTA; CASTRO, 2012).

No estágio reprodutivo, período de maior necessidade hídrica, as plantas de amendoim apresentam características distintas de outras leguminosas cultivadas, por apresentarem flores aéreas e os frutos são subterrâneos. Após a polinização das flores acima do solo, os ovários fertilizados desenvolvem estruturas chamadas de ginóforos, vulgarmente conhecidos como pegs (COOLBEAR, 1994). Os pegs são os locais onde ocorre a formação das vagens e sementes do amendoim. O desenvolvimento do pro-embrião é essencial para iniciar o alongamento dos pegs, pois controla a produção de hormônios e atividade meristemática na base do ovário (BRENNAN, 1969; JACOBS, 1947; PERIASAMY; SAMPOORNAM, 1984). Os pegs

forçam seu caminho através da camada mais alta do solo (BADAMI, 1935). Esse processo, conhecido como pegging, é realizado por apenas duas outras espécies, *Trifolium subterraneum* L. e *Vigna subterranea* L. Verdc, e se inicia quando essas estruturas têm comprimento entre 3 a 4 mm (AMOROSO; AMOROSO, 1988; ZIV, 1981). O crescimento das vagens e sementes começa após a penetração dos pegs no solo (COOLBEAR, 1994, PERIASAMY; SAMPOORNAM, 1984, SMITH, 1950).

Quando a deficiência hídrica ocorre durante o estágio reprodutivo, há uma paralisação no processo de alongamento dos ginóforos (pegs) devido ao aumento da resistência do solo (CHAPMAN; LUDLOW; BLAMEY, 1993). Algumas dessas estruturas permanecem acima da superfície do solo, esperando por uma precipitação para que possam penetrar (HARO et al., 2008). Contudo, durante o período que esses ginóforos ficam acima da superfície do solo, além do estresse causado pela deficiência hídrica, os pegs também estão expostos a aumentos de temperaturas que pode causar perdas da viabilidade dessas estruturas e, conseqüentemente, reduzir a produtividade. Segundo Haro, Mantese e Otegui (2011) a viabilidade dos ginóforos é consequência da interação da seca *per se* e da duração dos períodos de impedância (barreira física).

Diante do exposto, fica evidente que a compreensão da capacidade adaptativa dos cultivares de amendoim é de fundamental importância para a tomada de decisão durante a implantação do cultivo em regiões com menor disponibilidade hídrica. Por isso, o presente trabalho teve como objetivos determinar (i) os efeitos da deficiência hídrica de cultivares de amendoim submetidas a períodos de impedância; (ii) avaliar a variabilidade genotípica de cultivares de amendoim submetidos à períodos de impedância; (iii) evidenciar os efeitos da temperatura do solo; e, (iv) dessa última (temperatura) em combinação com a disponibilidade hídrica. Todos objetivos, visando avaliar o efeito sobre a viabilidade do ginóforo e da fixação de vagens.

## MATERIAL E MÉTODOS

Realizaram-se dois experimentos na área agrícola da estação experimental agropecuária de Manfredi (31°49'S, 63°46'O), pertencente ao Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), localizado na cidade de Manfredi, Argentina.

O primeiro experimento teve como objetivo avaliar a perda da viabilidade dos ginóforos de cultivares amendoins com crescimento contrastantes sob efeito do déficit hídrico e da impedância dos ginóforos. O segundo experimento, avaliou os efeitos da impedância, disponibilidade hídrica e temperatura em relação à viabilidade dos ginóforos.

Para o primeiro experimento, foram utilizados cinco genótipos de amendoim com hábitos de crescimento contrastante, destes, dois foram cultivares (cvs.) rasteiros (ASEM 484 INTA e 3330) e três eretos (Blanco Santa Fe, Colorado e 4590) e cinco épocas de impedância: 10, 15, 20, 25 e 30 dias de barreira física, para impedir a penetração do ginóforo ao solo. Na condução, 10 ginóforos (1 por planta) foram utilizados, cada ginóforo foi considerado uma repetição.

No segundo experimento, foram utilizados dois cultivares contrastantes de amendoim (cv. Asem 484 INTA e cv. Blanco Santa Fe), 2 condições hídricas (com e sem déficit hídrico), 2 condições térmicas (com e sem estresse térmico) e 3 épocas de impedância (15, 20 e 25 dias).

Para ambos os experimentos, diante da baixa temperatura entre os meses de setembro a outubro de 2015, as sementes foram previamente colocadas para germinar em copos plásticos com capacidade de 500 mL, preenchidas com solo classificado como Haplustol típico (USDA Soil Taxonomy, 1999) e deixadas em câmara de fotoperíodo, sob temperatura de 25°C. Aos 17 DAS (dias após a semeadura) as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade de 10 L, utilizando o mesmo solo mencionado anteriormente e foram mantidas em casa-de-vegetação (com temperatura controlada, 25°C), onde permaneceram durante 30 dias. Em seguida e assim que houve aumento da temperatura, os vasos foram transferidos para o campo, onde permaneceram até o final do experimento.

No campo, os vasos foram acondicionados em estufa plástica de polietileno transparente, para evitar a ocorrência de chuva durante os períodos de estresses,

entretanto, para manter a atividade fotossintética normal, as estufas foram mantidas abertas durante o dia e fechadas a noite para evitar possíveis chuvas e aumento da temperatura. Para os tratamentos controle (sem restrição hídrica) as plantas foram mantidas sem estufa durante o dia e a noite e se manteve as plantas hidratadas. Para ambas as situações, o monitoramento da umidade foi feito por meio de sensores (HidroFarm da Falker, modelo HFM 2010/ HFM 2030) colocados nos substratos.

Para simular os períodos de impedância, em cada vaso foi colocado um plástico para representar uma barreira física e impedir a entrada dos ginóforos ao solo, simulando uma condição de seca extrema. Para simular o efeito dos períodos de impedância dos tratamentos submetidos a condições hídricas, foram utilizados plásticos brancos (que permite a passagem da energia luminosa e possibilita manter a temperatura em condições mais baixas) e para os tratamentos que foram submetidos ao estresse térmico, foram utilizados plásticos pretos (que permite a passagem da energia luminosa, no entanto, há maior retenção de energia e, conseqüentemente, temperaturas mais elevadas).

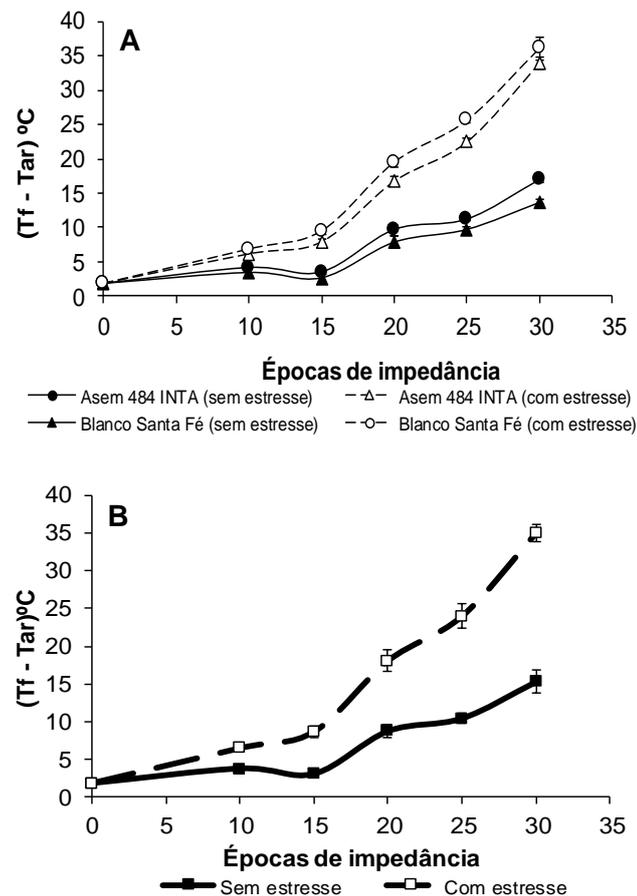
Aos 70 dias após a emergência (DAE) realizou-se a marcação dos ginóforos, com fitas plásticas “amarrilhos’ coloridas, para identificação da estrutura identificada, até o final do experimento, para posterior avaliação da viabilidade dos ginóforos. Em cada tratamento, foram selecionados e identificados 10 ginóforos (um de cada vaso) com comprimento de 10 mm, correspondente aproximadamente ao estágio de crescimento R2, de acordo com escala de Boote (1982).

Para comprovar que houve aumento na temperatura das plantas submetidas aos estresses, em cada época de impedância, foi calculado a temperatura das plantas, utilizando um termômetro infra vermelho (Figura 1).

Para avaliar o teor relativo de água (TRA) nas folhas dos amendoinceiros, foram coletadas e avaliadas quatro folhas (3ª folha da haste principal) por tratamento e, para determinação do TRA utilizou-se a metodologia proposta por Weatherley (1950) (Figura 3).

Quando necessário foi realizado o controle das doenças e pragas com aplicação de Azoxistrobina (200 g/L) + Cyproconazole (80 g/L) (fungicida) e Clorpirifós (480 g/L) (inseticida).

Para obtenção dos resultados, no primeiro experimento realizou-se análise de regressão comparando a variabilidade entre os genótipos testados. Para o segundo experimento, os dados foram expressos em porcentagem de sucesso (%) e apresentados graficamente.



**Figura 1.** Temperatura foliar dos cultivares de amendoins, submetidos a tratamentos hídricos e períodos de impedância. Comportamento dos cultivares entre as condições com e sem disponibilidade hídrica (A) e efeito da temperatura para cada condição hídrica (B).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento 1

A viabilidade dos ginóforos expostos a períodos de impedância apresentou comportamento diferencial segundo a disponibilidade hídrica, independentemente do hábito de crescimento das plantas (Figura 2). Verificou-se que todos os cvs. foram

afetados negativamente pelos períodos de impedância (PI), mas a maior perda da viabilidade dos ginóforos ocorreu nos cvs. sob deficiência hídrica (Figura 2B, 2D) em relação àqueles sem deficiência hídrica (Figura 2A, 2C).

Entre os genótipos rasteiros com disponibilidade hídrica (Figura 2A), verificou-se que a linhagem 3330 foi mais afetada pelos períodos de impedância (PI) que o cultivar ASEM 484 INTA. Após os 15 dias de impedância, que acarretou em reduções de 44% e 26% e, aos 25 dias de impedância (último dia de impedância), houve decréscimo na viabilidade dos ginóforos de 73% e 43% para 3330 e ASEM 484 INTA, respectivamente. Estes resultados, em parte, corroboram os observados por Haro, Mantese e Otegui (2011). Em ambos os trabalhos foram constatadas respostas diferenciais entre os genótipos hidratados.

Observando o efeito entre esses dois cvs. com disponibilidade hídrica, verificou-se perda superior a 30% na viabilidade da linhagem 3330 em relação ao cv. ASEM 484 INTA sob 25 dias de impedância. Entretanto, ambos os cvs. finalizaram o período de estudo (i.e. 25 dias) com probabilidade de geração de vagens maior que a encontrada por Haro, Mantese e Otegui (2011). As evidências do estudo confirmam a existência de variabilidade genotípica dessa característica (e.g. viabilidade dos ginóforos) e deve ser considerada pelo programa de melhoramento genético buscando cvs. tolerantes à seca.

Analisando esses genótipos sob deficiência hídrica (Figura 2B), constatou-se que a perda da viabilidade dos ginóforos foi maior que aquelas descritas previamente em ginóforos sem deficiência hídrica, apresentando reduções de 3,82% e 3,49% em cada PI para os cvs. 3330 e ASEM 484 INTA, respectivamente. Essa perda na viabilidade ocorreu mais cedo que em plantas com disponibilidade hídrica e coincide com resultados observados na literatura (HARO; MANTESE; OTEGUI, 2011). Aos 10 dias de impedância, verificou-se que as plantas apresentaram reduções de 38% e 35%, chegando a causar decréscimo de 95% e 87% aos 25 dias para os cvs. 3330 e ASEM 484 INTA, respectivamente.

Observando o efeito entre esses dois genótipos sob deficiência hídrica, constatou-se maior perda na viabilidade dos ginóforos (8%) para a linhagem 3330 que para o cv. ASEM 484 INTA sob 25 dias de impedância. Comparando os resultados desses dois genótipos sob condições hídricas (com e sem água) aos 25

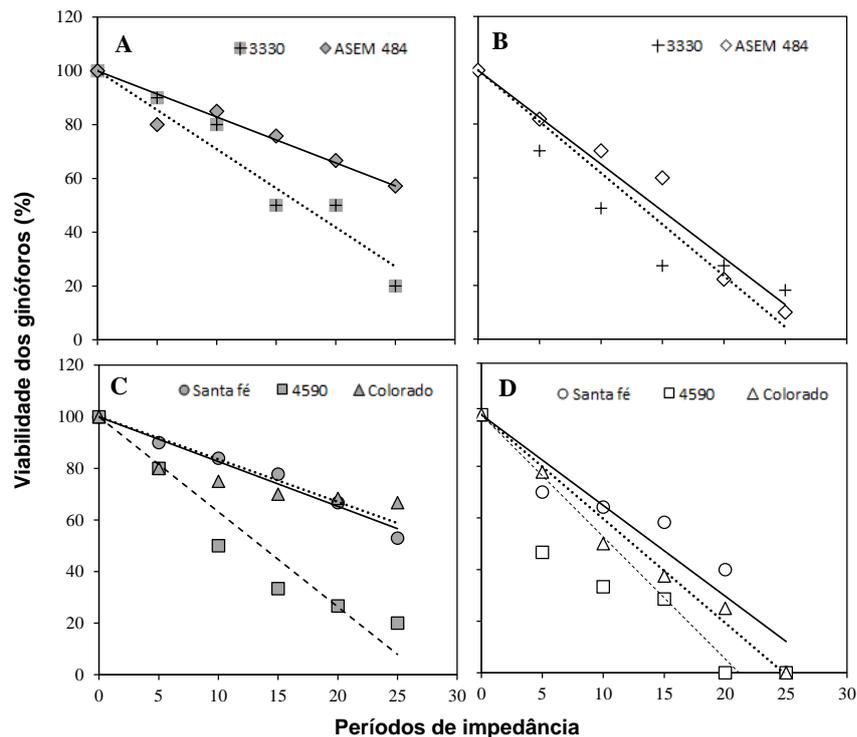
dias de impedância, verificou-se que as plantas submetidas a deficiência hídrica apresentou perdas de 23% e 44 % na viabilidade dos ginóforos para a linhagem 3330 e para o cultivar ASEM 484 INTA, respectivamente (Figuras 2A, 2B). Entre esses dois genótipos, observou-se que o ASEM 484 INTA demonstrou maior susceptibilidade à deficiência hídrica em relação a linhagem 3330 (Figura 2B).

Entre os cvs. eretos com disponibilidade hídrica (Figura 2C), observou-se que o cv. 4590 foi mais afetado negativamente pelos períodos de impedância, apresentando mais que o dobro ( $b$ : -3,69) de perdas na viabilidade dos ginóforos em relação aos cvs. Blanco Santa Fe ( $b$ : -1,74) e Colorado ( $b$ : -1,65), demonstrando, assim, maior susceptibilidade. Para os cvs. Blanco Santa Fe e Colorado Irradiado INTA, a perda da viabilidade totalizou 40% e 41%, respectivamente, aos 25 dias de impedância, enquanto para o cv. 4590 (mais susceptível) essa perda foi mais intensa e ocorreu logo após os 10 dias de impedância, promovendo reduções de 33%, 55%, 74% e 92% aos 10, 15, 20 e 25 dias de impedância, respectivamente.

Analisando as perdas da viabilidade dos ginóforos (i.e.  $-b$ ) entre os genótipos com hábitos de crescimento contrastantes sem restrição hídrica, foram identificados três grupos integrados por cvs. com comportamento similar, onde o primeiro foi formado pelos cvs. ASEM 484 INTA, Colorado Irradiado INTA e Blanco Santa Fe ( $b$  média: -1,7), o segundo integrado pela linhagem 3330 ( $b$ : -2,91) e finalmente, o terceiro grupo formado pelo cv. 4590 ( $b$ : -3,65). Estes agrupamentos são evidências sobre a variabilidade genotípica dentro e entre hábitos de crescimento. Para esses genótipos eretos com deficiência hídrica (Figura 1D), verificou-se que todas apresentaram reduções drásticas na viabilidade dos ginóforos, com reduções de 3,52%, 4,04% e 4,73% por cada dia de impedância para os cvs. Blanco Santa Fe, Colorado Irradiado INTA e 4590, respectivamente. Aos 25 dias, a perda na viabilidade dos ginóforos foi de 100% para todos os genótipos. Comparando o comportamento desses três cvs. sob condições hídricas (com e sem água), verificou-se que as plantas submetidas a deficiência hídrica apresentaram acréscimo de 60%, 59% e 08% nas perdas da viabilidade dos ginóforos dos cvs. Blanco Santa Fe, Colorado Irradiado INTA e 4590, respectivamente (Figura 2C, 2D).

Analisando a perda da viabilidade dos ginóforos (i.e.  $-b$ ) entre cvs. com hábitos de crescimento contrastante crescendo sob restrição hídrica, foram

identificados dois grupos integrados por cultivares com comportamento similar, onde o primeiro grupo foi formado pelos cvs. ASEM 484 INTA, 3330 e Blanco Santa Fe (*b* média: -3,61) e o segundo grupo formado pelos cvs. Colorado Irradiado INTA e 4590 (*b* média: - 4,39). Como mencionado anteriormente, esses agrupamentos são evidencias sobre a variabilidade genotípica dentro e entre hábitos de crescimento também sob deficiência hídrica.



**Figura 2.** Percentagem de ginóforos viáveis após tratamentos hídricos e períodos de impedância. A, B genótipos rasteiros; C, D genótipos eretos. Símbolos cheios: sem estresse hídrico e símbolos vazios: com estresse hídrico. Equações: (A) sem estresse: cv. ASEM 484,  $y = -1,7099x + 100$ ,  $R^2 = 0,87$ ; linhagem 3330,  $y = -2,9091x + 100$ ,  $R^2 = 0,90$ . (B) com estresse: cv. ASEM 484,  $y = -3,4883x + 100$ ,  $R^2 = 0,96$ ; linhagem 3330,  $y = -3,8215x + 100$ ,  $R^2 = 0,85$ . (C) sem estresse: cv. Santa Fé,  $y = -1,7364x + 100$ ,  $R^2 = 0,98$ ; cv. 4590,  $y = -3,6848x + 100$ ,  $R^2 = 0,91$ ; cv. Colorado,  $y = -1,6485x + 100$ ,  $R^2 = 0,61$ . (D) com estresse: cv. Santa Fé,  $y = -3,5152x + 100$ ,  $R^2 = 0,91$ ; cv. 4590,  $y = -4,7308x + 100$ ,  $R^2 = 0,76$ ; Colorado,  $y = -4,0354x + 100$ ,  $R^2 = 0,98$ .

A perda da viabilidade dos ginóforos sob condições hídricas acarretam em menor fixação de vagens (HARO et al., 2008; HARO; MANTESE; OTEGUI, 2011), promovendo reduções na produtividade da cultura (HARO et al., 2008). As

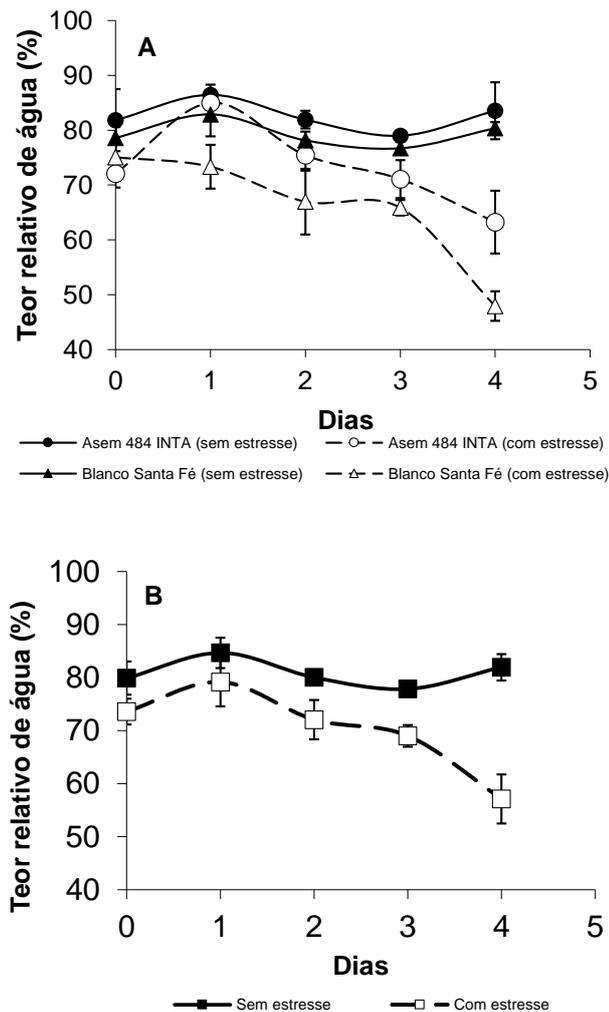
evidências mostraram que a impedância dos ginóforos é um fator indireto e adicional em regiões com deficiência hídrica e deve ser considerada junto a análises de rendimento.

No presente trabalho, confirmou-se as evidências de Haro, Mantese e Otegui (2011) e verificou-se variabilidade genotípica explícita na viabilidade dos ginóforos. Estes resultados induzem os melhoristas a ampliar a base genética durante o processo de seleção a fim de incorporar os novos genótipos com tolerância aos efeitos da seca *per se* e da impedância aos ginóforos.

## **Experimento 2**

Analisando a Figura 3, observou-se que entre os cultivares, o Blanco Santa Fe (ereto) apresentou maior desidratação em comparação com o cultivar ASEM 484 INTA (rasteiro). Em relação ao teor de água das plantas que foram submetidas a deficiência hídrica verificou-se mesmo efeito, entretanto, há uma queda acentuada no teor relativo de água das plantas que estão sob deficiência hídrica, principalmente do cultivar Blanco Santa Fe, chegando a níveis críticos que podem comprometer os aspectos fisiológicos e morfológicos das plantas.

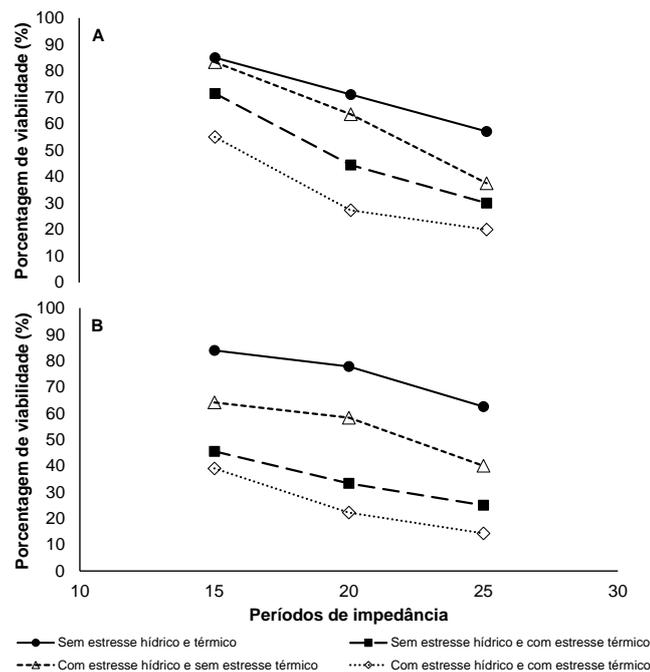
Apesar do presente trabalho incluir cultivares com hábitos de crescimento contrastantes, os resultados estão de acordo com estudo realizado por Haro, Mantese e Otegui (2011), que avaliaram as respostas de cultivares com hábitos de crescimento rasteiro expostos a períodos de impedância submetidos a disponibilidades hídricas.



**Figura 3.** Teor relativo de água de duos cultivares de amendoins, submetidos a tratamentos hídricos, térmicos e períodos de impedância. Comportamento dos cultivares entre as condições com e sem disponibilidade hídrica e estresse térmico (A) e efeito da temperatura para cada condição hídrica (B).

Os ginóforos de amendoim expostos a crescentes períodos de impedância apresentaram perdas na viabilidade dos óvulos (Figuras 4A e 4B). Contudo, essa resposta negativa foi mais acentuada em plantas sob mesma condição hídrica e em ginóforos com estresse térmico, implicando, nesse último, em incrementos médios de 8°C do plástico preto em relação ao plástico branco. Por outro lado, sob mesma condição térmica, a viabilidade dos ginóforos foi menor que aqueles expostos à deficiência hídrica (Figuras 4A e 4B), sendo esse último representado por severos fechamentos foliares.

Dessa forma, observou-se que as combinações que resultaram em respostas extremas foram: (i) ginóforos sem deficiência hídrica e sem estresse térmico, que apresentaram os maiores níveis de viabilidade; (ii) ginóforos com deficiência hídrica e com estresse térmico, os quais expressaram os menores níveis de viabilidade. Essas respostas foram similares entre os cultivares ASEM 484 INTA e Blanco Santa Fe (Figuras 4A e 4B), mas foram mais acentuadas no cultivar ereto (Figura 4B). Isso sugere que o cultivar de hábito de crescimento rasteiro (ASEM 484 INTA) apresenta menor perda da viabilidade dos ginóforos mediante ambientes com deficiência hídrica e, por isso, apresenta maior adaptabilidade. Contudo, há necessidade de novos estudos, testando maiores números de cultivares e com hábitos contrastantes para confirmar os padrões de respostas determinados nesse estudo. Finalmente, pode-se inferir que a perda da viabilidade dos ginóforos pode ser afetada pelo estresse hídrico e pelo estresse térmico gerado pelas maiores temperaturas do solo.



**Figura 4.** Porcentagem de viabilidade dos ginóforos de plantas submetidas a períodos de impedância, deficiência hídrica e estresse térmico. ASEM 484 INTA (A), Blanco Santa Fe (B).

## CONCLUSÃO

Concluiu-se que (i) há grande variabilidade genotípica entre os cultivares e hábitos de crescimento do amendoim; (ii) a deficiência hídrica e os períodos de impedância promovem perdas acentuadas e proporcionais na viabilidade dos ginóforos de amendoim nos cultivares rasteiros (ASEM 484 INTA e 3330) e eretos (Blanco Santa Fe, Colorado Irradiado INTA e 4590), sendo os cvs. rasteiros menos afetadas pelos PI sob deficiência hídrica; (iii) o aumento nos períodos de impedância reduz a viabilidade dos ginóforos; (iv) os estresses hídrico e térmico reduzem a viabilidade dos ginóforos, cujo efeito é mais acentuado na combinação dos dois fatores; (v) o cultivar com hábito de crescimento ereto (Blanco Santa Fe) é mais afetado que o cultivar de hábito de crescimento rasteiro (ASEM 484 INTA).

## REFERÊNCIAS

- AMOROSO, V. B., AMOROSO, C. B. Gynophore and pod development in *Arachis hypogaea* L. Central Mindanao University. **Journal of Science**, v. 1, n. 1, p. 2–11, 1988.
- ALVES, G. M. R. **Variabilidade genotípica de amendoim submetido ao estresse hídrico baseada em descritores bioquímicos**. 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2013.
- BADAMI, V. K., Botany of groundnut. **Journal of the Mysore Agricultural and Experimental Union**, v. 15, n. 1, p. 58–70, 1935.
- BRENNAN, J. R. The peanut gynophore. **Biologist**, v. 51, n. 1, p. 71-82, 1969.
- BOOTE, K. J. Growth stages of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Peanut Science**, v. 9, n.1, p. 35–40, 1982.
- CHAPMAN, S. C.; LUDLOW, M. M.; BLAMEY, F. P. C. Effect of drought during early reproductive development on the dynamics of yield development of cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.), **Field Crops Research**, v. 32, n. 3–4, p. 227-242, 1993.
- COOLBEAR, P. Reproductive biology and development. In: Smartt, J. (Ed.). **The Groundnut Crop**. A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, 1994, p. 138–172.

HARO, R. J.; DARDANELLI, J. L.; OTEGUI, M. E.; COLLINO, D. J. Seed yield determination of peanut crops under water deficit: soil strength effects on pod set, the source-sink ratio and radiation use efficiency. **Field Crops Research**, v. 109, n. 1, p. 24–33, 2008.

HARO, R. J.; MANTESE, A.; OTEGUI, M. E. Peg viability and pod set in peanut: response to impaired pegging and water deficit. **Flora**, v. 206, n. 10, p. 865–871, 2011.

JACOBS, W. P. The development of the gynophore of the peanut plant (*Arachis hypogaea* L.). I. The distribution of mitosis, the region of greatest elongation, and the maintenance of vascular continuity in the intercalary meristem. **American Journal of Botany**, v. 34, n. 1, p. 361-371, 1947.

JONGRUNGKLANG, N.; TOOMSAN, B.; VORASOOT, N.; JOGLOY, S.; BOOTE, K. J.; HOOGENBOOM, G.; PATANOTHAI, A. Classification of root distribution patterns and their contributions to yield in peanut genotypes under mid-season drought stress. **Field Crops Research**, v. 127, n. 27, p. 181–190, 2012.

NETO, J. F.; COSTA, C. H.; CASTRO, G. S. Ecofisiologia do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2012.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 41-45, 2000.

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, n. 1, p. 70-76, 2016.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

PERIASAMY, K.; SAMPOORNAM, C. The morphology and anatomy of ovule and fruit development in *Arachis hypogaea* L. **Annals of Botany**, v. 53, n. 3, p. 399-412, 1984.

SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. (2ª Ed.). Brasília: EMBRAPA, 2013, 585 p.

SMITH, B. W. *Arachis hypogaea* L. Aerial flower and subterranean fruit. **American Journal of Botany**, v. 37, n. 10, p. 802–815, 1950.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **World Agricultural Production**. 2017. (Circular Series, February, 2017). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso: 01/03/2017.

VALLIYODAN B.; NGUYEN H. T. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, n. 2, p. 189-195, 2006.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficit in leaves. **New Phytologist**, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950.

USDA Soil Taxonomy. 1999. Second Edition. **A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. USDA - Soil Conservation Service Agricultural Handbook, n. 436. U.S. Gov. Print. Office, Washington.

ZIV, M. Photomorphogenesis of the gynophore, pod and embryo in peanut, *Arachis hypogaea* L. **Annals of Botany**, v. 48, n. 3, p. 353-359, 1981.

## **CAPITULO 6 - Considerações Finais**

Em nível mundial, o amendoim é considerado uma das principais leguminosas e possui grande importância econômica. Infelizmente, nos últimos anos, o Brasil e o mundo têm passado por muitas alterações ambientais devido, principalmente, às mudanças climáticas e isso tem prejudicado o potencial produtivo dessa cultura.

Com base em estudos, verificou-se que ao longo do tempo houve aumento significativo na temperatura global. Esse aumento tem provocado anos com climas atípicos, ou seja, épocas com chuvas normais (ideal para o cultivo), épocas com chuvas muito intensas e épocas com secas severas. Essas mudanças climáticas tem afetado os cultivos agrícolas, prejudicando o desenvolvimento das plantas e reduzindo a produtividade das culturas e, conseqüentemente, afetando drasticamente a economia do setor agrícola.

Nos experimentos realizados, buscou-se dentro de um banco de genótipos de amendoim encontrar materiais promissores para regiões com menores disponibilidades hídricas. Nesses trabalhos, constatou-se que há grande variabilidade genética entre os genótipos dessa espécie, demonstrando, assim, a necessidade de muitos estudos acerca dessa temática.

Para as condições testadas, constatou-se que os genótipos brasileiros, cultivares: IAC 503, IAC 505, Runner IAC 886, IAC Tatu-ST, IAC OL3, IAC OL4 e linhagens: 322, 967, 870, 506 e 599 são os mais promissores para ambientes com deficiência hídrica. Contudo, esses trabalhos são preliminares e há a necessidade de levar esses materiais à campo e avaliar outros parâmetros, como o uso eficiente da água, uso eficiente da radiação e, principalmente, avaliar o potencial produtivo desses genótipos em condições de deficiência hídrica, como foi feito em parte desse trabalho de pesquisa, realizado na Argentina.

Estudos sobre deficiência hídrica em amendoim são muito escassos no Brasil e poucos pesquisadores tem trabalhado com essa cultura, sendo que na principal região produtora ainda não há relatos científicos sobre cultivares tolerantes a deficiência hídrica. Esses estudos representam um dos grandes desafios da ciência agrícola no Brasil, não somente por causa das chuvas que podem ocorrer ao longo do período experimental, mas também por causa da acuidade dos métodos de

análise. Atualmente, para avaliação da eficiência no uso da água - EUA, por exemplo, muitos pesquisadores baseiam-se apenas na relação da fotossíntese e transpiração obtida por mensuração pelo IRGA. Contudo, outras técnicas (mais precisas) poderão colaborar para definir qual a real EUA em condições de campo. A técnica empregada no presente trabalho para determinar a EUA, baseando-se na relação da biomassa das plantas com a quantidade de água no perfil do solo, é uma alternativa muito útil, poucas vezes adotadas por pesquisadores pela dificuldade do trabalho à nível de campo. Além disso, outros parâmetros devem ser melhor estudados como os efeitos de temperatura, radiação, espaçamento, densidade, genótipos, dentre outros fatores, que podem comprometer a produtividade dessa cultura.

Com base em trabalhos de pesquisa como esse, pode-se recomendar com maior precisão cultivares para ambientes com menor disponibilidade hídrica e, assim, ampliar a área de cultivo para novas fronteiras mais inóspitas e estimular esse setor a prosperar.