

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
– CÂMPUS DE JABOTICABAL**

CULTIVARES DE AMENDOIM SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins

Engenheiro agrônomo

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
– CÂMPUS DE JABOTICABAL**

CULTIVARES DE AMENDOIM SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins

Orientador: Prof. Dr. Silvano Bianco

Coorientador: Dr. Willians César Carrega

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

2020

M386c Martins, Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa
Cultivares de amendoim sob deficiência hídrica / Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins. -- , 2020
98 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal
Orientador: Silvano Bianco
Coorientador: Willians César Carrega

1. Amendoim. 2. Desidratação (Hídrica). I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CULTIVARES DE AMENDOIM SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

AUTOR: PEDRO DE FIGUEIREDO ROCHA BARBOSA MARTINS

ORIENTADOR: SILVANO BIANCO

COORDENADOR: WILLIANS CÉSAR CARREGA

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

Willians Cesar Carrega
Pesquisador Dr. WILLIANS CÉSAR CARREGA
APTA / Pindorama/SP

Mariluce Nepomuceno
Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO
Agrônoma Autônoma / Jaboticabal/SP

Pedro Luis da Costa Aguiar Alves
Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Mariana Casari Parreira
Profa. Dra. MARIANA CASARI PARREIRA
Universidade Federal do Pará - UFPA / Cametá/PA

Priscila Lupino Gratão
Profa. Dra. PRISCILA LUPINO GRATÃO
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 03 de agosto de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins, nascido em 8 de fevereiro de 1990, na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, é engenheiro agrônomo formado pela Universidade Anhanguera-Uniderp, no ano de 2012, sob orientação de Profa. Dra. Eloty Justina Dias Schleder, com o trabalho “Levantamento Florístico, Projeto de Recomposição de Reserva Legal e Propostas de Uso da Área”. Obteve o título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Câmpus de Jaboticabal, no ano de 2015, sob orientação do Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, com o trabalho “Interferência Intra e Interespecífica de *Urochloa decumbens* e *Synedrellopsis grisebachii*”. Ingressou no doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) em 2016 com o Prof. Dr. Silvano Bianco como orientador e o Dr. Willians César Carrega como coorientador. Trabalha nas áreas de produção vegetal, manejo de plantas daninhas e ações alelopáticas entre indivíduos.

“If you can solve your problem, then what’s the need of worrying?”

If you cannot solve your problem, then what’s the use of worrying?”

Shantideva

“Don’t Panic!”

Douglas Adams

Dedico esta a todos os que a tornaram possível, os amigos do serviço, a família e aos que curaram de doenças que não sabíamos existir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Sua graça permite que eu esteja neste mundo;

A minha mãe, Raquel, pelo apoio incondicional desde a época em que eu era bebê até os dias atuais, que também permite que eu esteja aqui;

A meu pai, Plínio; mesmo ausente, posso contar com seu apoio à minha pessoa;

A meu irmão, Karl, pelas piadas, conversas e entretenimento, que muito servem de alívio;

A minha cunhada, Ariane, que é de ótima personalidade, muito divertida e com a qual podemos sempre contar para pensar sobre vários assuntos;

Agradeço àqueles que orientaram meu trabalho, Professor Dr. Silvano Bianco e Dr. Willians César Carrega, que não deixam seus orientados desamparados;

Ao Laboratório de Plantas Daninhas, sempre como uma família, ajudando a capinar ou a escrever, aos vasos mover ou aplicações realizar, até que a saída nos separe;

Aos Foxes, meus amigos; ainda que mais distantes, continuamos sempre a nos comunicar;

Aos meus amigos que estudaram e trabalharam na Universidade Anhanguera-Uniderp, também uma família, que sempre estão a fazer rir e alegrar, orientar e ajudar, inovar e lembrar;

Aos grupos de teatro (Grupo Teatral “Mãe, Tô no Palco”, Cia. Uscambal de Teatro e Cia. Teatral Tangerinas Encanadoras), que rendem muita distração e ânimo para falar em público;

À banca de qualificação, composta pela Dras. Mariana Casari Parreira e Priscila Lupino Gratão, que auxiliaram em reflexões sobre os dados obtidos e sua adaptação, e que ainda tiveram de aguentar uma defesa por videoconferência por motivos maiores relacionados a minha pessoa;

Aos integrantes da banca de defesa, Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, Dra. Mariluce Nepomuceno e, novamente, Dra. Mariana Casari Parreira e Dra. Priscila Lupino Gratão pela avaliação deste trabalho, melhorando sua forma escrita e contribuindo para sua disseminação científica;

Aos funcionários do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, sempre nos ajudando com os vários materiais e procedimentos de que precisamos;

Ao grupo de medicina, que muito se dedicou a conseguir salvar-me de uma simples dor de cabeça e de um dente quebrado que eram derivados de um tumor cerebral que poderia ter afetado muito mais.

A todos que ajudaram, direta ou indiretamente, durante todo o doutorado.

SUMÁRIO

CULTIVARES DE AMENDOIM SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA	III
RESUMO	III
PALAVRAS-CHAVE.....	III
PEANUT CULTIVARS UNDER HYDRIC DEFFICIENCY	IV
ABSTRACT	IV
KEYWORDS	IV
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVO GERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
REVISÃO DE LITERATURA	3
<i>Agricultura e alimentação</i>	<i>3</i>
<i>Origem da cultura e aspectos botânicos.....</i>	<i>4</i>
<i>Importância econômica.....</i>	<i>5</i>
<i>Produção mundial.....</i>	<i>6</i>
<i>Cultivares comerciais.....</i>	<i>7</i>
<i>Deficiência hídrica em amendoim.....</i>	<i>9</i>
<i>Reguladores de crescimento</i>	<i>11</i>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
CAPÍTULO 2 – DÉFICE HÍDRICO NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE AMENDOIM	20
RESUMO	20
PALAVRAS-CHAVE.....	20
ABSTRACT	21
KEYWORDS	21

INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
<i>Experimento 1 – Casa de vegetação</i>	<i>25</i>
<i>Experimento 2 – Caixas (condições semicontroladas)</i>	<i>29</i>
RESULTADOS.....	33
<i>Experimento 1 – Vasos (casa de vegetação)</i>	<i>33</i>
<i>Experimento 2 – Caixas (condições semicontroladas)</i>	<i>50</i>
DISCUSSÃO	53
CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
CAPÍTULO 3 – RESPOSTAS DE CULTIVARES DE AMENDOIM A PERÍODOS DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA DURANTE A FASE REPRODUTIVA.....	61
RESUMO	61
PALAVRAS-CHAVE.....	61
ABSTRACT	62
KEYWORDS	62
INTRODUÇÃO	63
MATERIAL E MÉTODOS.....	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

CULTIVARES DE AMENDOIM SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

RESUMO – O amendoim é uma planta com origem na América Latina, muito utilizada para a alimentação humana e constantemente melhorada para sua produção mundial. No Brasil, várias empresas possuem suas cultivares para a venda, desenvolvidas para a melhora da resistência a doenças e pragas, aumento da produção e também para uma produção em locais com condições ambientais mais rígidas, principalmente em relação a ausência de água. A falta de água no ambiente faz que a planta não consiga ter um bom desenvolvimento, de modo que a produção será menor, tornando-a inviável para cultivo em áreas com estações secas. Estudos serão feitos para verificar as melhores cultivares para esses ambientes e para averiguar outros métodos que possam influir no rendimento da planta, como o uso de reguladores de crescimento. O objetivo deste trabalho foi realizar experimentos para a verificação de quais as cultivares com melhor adaptação à restrição hídrica durante o período reprodutivo da planta e o uso de maturadores de crescimento para melhorar as condições de cultivo. Foram realizados dois experimentos para esse estudo: o primeiro expondo as cultivares IAC Runner 886, IAC 503 e IAC Sempre Verde à restrição hídrica durante o período inicial (R1 e R2) a 80% e 30% da capacidade de campo, avaliando-se as características morfofisiológicas e escolhendo, a partir de uma análise multivariada, quais as melhores cultivares nessas condições, e em seguida realizando um estudo com a deficiência hídrica nos períodos reprodutivos R2, R5 e R7, sendo aplicado o regulador de crescimento Moddus® durante o período R5, para verificar se o seu uso seria melhor para o desenvolvimento das plantas; o segundo experimento foi realizado com as cultivares IAC 503, IAC 505, IAC OL3, IAC OL4 e IAC OL5, com diferentes condições hídricas – 80% (testemunha), 50% e 20% da capacidade de campo – ocorrendo nos períodos reprodutivos R2, R3, R4, R5 e R8, verificando as características morfológicas e o índice de tolerância à seca. O primeiro experimento indica as modificações existentes em cada cultivar, sendo a IAC 503 a mais tolerante ao período de restrição, tendo perdas menores durante o período inicial e produção alta com o estresse ocorrendo nos períodos subsequentes. O uso do regulador de crescimento manteve as plantas em estágio mais avantajado, sendo uma boa opção para ser aplicada nessas áreas. O segundo experimento indica que as cultivares mais adaptadas a ambientes de restrição hídrica foram a IAC 503 e a IAC OL4, com menores perdas causadas nas condições implicadas, sendo as selecionadas para recomendação de plantio.

Palavras-chave: Água; *Arachis hypogaea* L.; índice de tolerância à seca; regulador de crescimento.

PEANUT CULTIVARS UNDER HYDRIC DEFFICIENCY

ABSTRACT – Peanut is a plant with its origin in Latin America, being very used for human feeding, being constantly enhanced for its global cropping. In Brazil, many companies possess their cultivars for sale, being obtained for better resistance against plagues and diseases, higher crop production and also for better cultivars for highly risked environmental conditions places, especially water stresses. Regarding water conditions, when it is missing, plants are with no conditions for great growth and development, causing it to have worse productions, making it impossible to be cropped in areas with this climate conditions. Therefore, studies are performed for selection of better cultivars and other methods for these environmental conditions, like the use of growth regulators for production being better. The main objective in this work was to perform experiments to verify which one has better adaptation for water stresses during the reproductive period and usage of growth regulator in order for better production. Two experiments were performed in this work: first exposing cultivars IAC Runner 886, IAC 503 and IAC Sempre Verde to hydric stress during initial reproductive periods (R1 and R2) for 80% and 30% of field capacity, evaluating its morphophysiological conditions and choosing, from a multivariate analysis, which are better for hydric stresses, and so, analyzing then the same cultivars in hydric stress in reproductive periods R2, R5 and R7, being applied growth regulator Moddus® during R5 period, to verify if its usage is better for plant growth conditions; the second was performed with cultivars IAC 503, IAC 505, IAC OL3, IAC OL4 and IAC OL5, with different hydric conditions - 80% (control plot), 50% and 20% of field capacity – occurring in reproductive periods of R2, R3, R4, R5 and R8, verifying its morphological conditions and its drought resistance index. First experiment exposes the modifications existent in each cultivar, being IAC 503 the most stable cultivar, having less losses during initial period and high enough production during hydric stress conditions. Growth regulator usage was taken as useful for application, given it has maintained plants growth better. Second experiment indicates that cultivars most adapted for hydric conditions were IAC 503 and IAC OL4, with lesser losses caused by the implied conditions, being selected for being cropped.

Keywords: Water, *Arachis hypogaea* L.; drought tolerance index; growth regulator.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

Introdução

O Brasil é um grande produtor de amendoim para o consumo interno e tem produção dedicada à exportação, principalmente por meio de cultivares de porte rasteiro. Para o abastecimento desse mercado todo, é necessário o aumento da produção, principalmente pela área geral da cultura. Para aumentar, uma das estratégias é a semeadura em áreas com menor disponibilidade hídrica. No entanto, esse fator é considerado, pela literatura, como estresses abióticos negativos sobre as plantas (Pereira et al., 2016; Taiz et al., 2017).

Assim como em outras culturas, além do impacto negativo, os referidos estresses destacam-se como entraves para a expansão do cultivo do amendoim para várias regiões. Segundo pesquisas, apenas a deficiência hídrica tem acarretado reduções de 25-30% na produtividade. No entanto, os efeitos da temperatura global aumentam a estimativa de redução com o tempo, promovendo perdas do setor na economia (Mansour, 2014).

Diante disso, é fundamental estudar alternativas para minimizar os impactos da deficiência hídrica no cultivo do amendoim. Uma das alternativas é desenvolver pesquisas com cultivares já existentes no mercado e buscar o desenvolvimento de novas cultivares com maior capacidade adaptativa para sobrevivência em ambientes mais estressantes, principalmente nos semiáridos.

Poucos estudos são realizados frente à deficiência hídrica nas cultivares de amendoim e cerca de 90% desses foram realizados com cultivares de hábito de crescimento ereto.

Vários produtos vêm sendo estudados para a melhora de produção conforme as mudanças climáticas, entre os quais os reguladores de crescimento são desenvolvidos para a melhora das culturas e dos produtos finais, como o glyphosate e o sulfometuron-methyl (Meschede et al., 2010), bem como o etil-trinexapac (Moddus®), que é bem estudado para várias culturas.

Com os fatos expostos aqui, a hipótese elaborada consiste na necessidade de aprender como as cultivares existentes se portam frente à escassez hídrica e quais seriam as melhores a serem escolhidas para o plantio em áreas nas quais isso pode ocorrer futuramente, melhorando as condições de fornecer alimento para a população mundial crescente e ampliar as áreas de amendoim no nosso país.

Objetivo geral

Selecionar, entre cultivares de amendoim sob níveis de deficiência hídrica, as mais tolerantes aos índices de seca no ambiente.

Objetivos específicos

Avaliar o crescimento, o desenvolvimento e a produção de cultivares sob dois níveis hídricos e quanto ao uso de regulador de crescimento;

Identificar as cultivares mais tolerantes a esse estresse abiótico.

Revisão de literatura

Agricultura e alimentação

A população terrestre aumentará, até o ano de 2050, 35% em relação ao valor de 2016, e a produção de alimentos terá que ser duplicada para mantermos estável a situação alimentar mundial. O uso corresponde a 38% das áreas livres da Terra, mas com um consumo de apenas 55% da produção obtida, havendo perdas, alimentação animal e fabricação de combustíveis. Portanto, a demanda de alimentos terá que ser suprida para obter-se um mundo saudável (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2016).

Desde os anos de 1930, alimentação é um dos fatores que mais preocupam os especialistas no mundo; vários países são grandes produtores, mas, ainda assim, há uma grande diferença socioeconômica, fazendo com que esses produtos não cheguem a países menos desenvolvidos. A falta de alimentos e fatores a ela associados (economia, sustentabilidade, ambiente) estimulam o desenvolvimento de novas soluções a serem implantadas: Programa Alimentar Mundial (1962), com aumento da produção de arroz e trigo; Revolução Verde (1965), estendendo-se à América Latina em anos subsequentes; aumento das importações de países subdesenvolvidos (década de 70); entre outras (Chonchol, 2005).

A produção alimentar é tema de estudos em diversas instituições pelo mundo, destacando-se a FAO e várias ONGs. A produção de cereais é baixa para a quantidade de habitantes mundial, em razão de várias mudanças ambientais, como a seca e a escassez de recursos naturais, além de desperdícios em transporte, armazenamento e consumo (Paz et al., 2000).

Um dos desafios que as gerações têm há anos é justamente promover o crescimento e desenvolvimento econômico sem a destruição ambiental, mas, apesar de os fins terem sido alcançados, os meios não foram seguidos, causando mudanças ambientais (Silva et al., 2013).

Para aumentar a quantidade de compostos nutritivos do sistema humano (proteínas, fibras e amido), o uso de leguminosas está crescendo nos últimos anos,

sendo grandes as quantidades de compostos, tanto *in natura* quanto processadas (Barroso et al., 2019).

O processo de produção das culturas oleaginosas gera vários derivados, como óleos, farinhas, farelos, entre outros, e agrega valor à produção existente, sendo viável para agricultura familiar (Ribeiro e Costa, 2015). O crescimento de áreas que contenham produção boa auxilia na eliminação do fator de fome no mundo. Com a extensão de áreas necessárias e a ocupação humana em vários setores, uma das maiores necessidades para a agricultura é ter espécies e cultivares que sejam melhores no ambiente, como novas cultivares produzidas nos sistemas de melhoramento.

O amendoim possui uma quantidade alta de óleos e ácidos, carboidratos, fibras, proteínas e vitaminas, além de potássio, fósforo e zinco (Floriano et al., 2020). Com esses aspectos, seu fornecimento é essencial para que haja melhor nutrição e diminuição dos aspectos negativos relacionados à fome.

Origem da cultura e aspectos botânicos

O amendoim pertence à família Fabaceae e ao gênero *Arachis*. É uma leguminosa originária da América do Sul, ocorrendo no Brasil, no Paraguai, na Bolívia, na Argentina e no Uruguai (Krapovickas e Gregory, 1994).

Foi difundido pelos índios a regiões da América Central e México. No século XVIII, ocorreu sua introdução na Europa e, no século XIX, difundiu-se da América do Sul para a África e do Peru para Filipinas, China, Japão e Índia (Suassuna et al., 2006).

Atualmente, o amendoim está presente em todos os continentes do mundo, com 81 espécies descritas. Destas, 65 espécies ocorrem no Brasil, sendo 48 delas exclusivas da flora brasileira. O amendoim é dividido em nove seções taxonômicas: *Trirectoides*, *Erectoides*, *Procumbentes*, *Rhizomatosae*, *Heteranthae*, *Caulorrhizae*, *Extranervosae*, *Triseminatae* e *Arachis* (Arriel, 2014). Entre estas, *Arachis* desperta maior interesse econômico por abrigar o amendoim cultivado, *Arachis hypogaea* L. (Veiga et al., 2001), embora várias espécies tenham sido cultivadas para suas

sementes (*A. villosulicarpa* Hoehne e *A. stenosperma* Krapov. E W. C. Gregory) ou como forrageiras (*A. pinto* Krapov. E W. C. Gregory e *A. glabrata* Benth); a espécie domesticada foi descrita por Linneaus em 1753 como “*Arachis*” (do grego “arachos”, que significa planta daninha) e “*hypogaea*” (que significa câmara subterrânea).

O amendoim é uma dicotiledônea pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilonoideae, gênero *Arachis*. A espécie se divide em duas subespécies, *hypogaea* e *fastigiata*, que se distinguem entre si, basicamente, quanto a: hábito de crescimento, ciclo, tamanho da semente e presença de flor na haste principal (Valls, 2005).

Na classificação do amendoim, existem três grupos botânicos de grande importância: Virgínia, Valência e Spanish (Nakagawa e Rosolem, 2011). Entre estes, os dois primeiros são os principais grupos cultivados no Brasil.

O grupo Virgínia apresenta características como ramificações alternadas, maior dormência, porte rasteiro, maior tamanho de sementes, menor perecibilidade e ciclo vegetativo mais longo.

O grupo Valência, com importância diminuída nos últimos anos, apresenta plantas de porte ereto, menor tamanho de semente, ramificações sequenciais, menor taxa de dormência, maior perecibilidade e ciclo vegetativo mais curto (Godoy et al., 1982). No entanto, diante da mecanização, esse grupo tem apresentado menor espaço e maior interesse nas áreas de cultivo.

O terceiro grupo, denominado de Spanish, apresenta pouca relevância no Brasil (Santos et al., 1997). Suas características marcantes são: porte ereto, ciclo curto, sementes de pequeno tamanho, coloração vermelha, ocorrência prevalente de duas sementes por vagem e nós produtivos na haste principal e nas ramificações (Godoy et al., 2005).

Importância econômica

O amendoim apresenta grande representatividade econômica em nível global, podendo ser utilizado na alimentação humana e animal (Rodrigues et al., 2016).

Considerado a quarta principal cultura oleaginosa (USDA, 2019), também garante a matéria-prima para a produção de biodiesel (Pinho e Suarez, 2017).

Possui vários compostos orgânicos e elementos minerais. Tem em maiores concentrações a parte lipídica (45 a 50% de óleo) e a proteica (25% de proteína). O óleo existente é de longas cadeias (16 a 24). Os óleos mais presentes no amendoim são o oleico e o linoleico, em quantidades invertidas, sendo as cultivares alto oleicas as que possuem cerca de 80% de ácido oleico (Godoy et al., 2018).

O farelo obtido como resíduo da extração do óleo é aproveitado na composição de rações para animais. Ademais, possui diversas aplicações, como na fabricação de tintas, corantes, solventes, produção de biodiesel, entre outros (Agostinho, 2001). O amendoim é uma das principais oleaginosas cultivadas no Brasil e no mundo, além de ser considerada uma das mais importantes culturas entre as leguminosas, ao lado do feijão e da soja (Henriques Neto et al., 1998, USDA, 2019).

Produção mundial

A produção do amendoim em 2019 foi de em torno de 41,77 milhões de toneladas. Entre os principais produtores, destacam-se China, Índia, Nigéria, Estados Unidos e Sudão, com produção estimada de 17,00; 4,70; 3,20; 2,48 e 1,40 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2019).

Na África, a cultura do amendoim é compatível com as condições climáticas, tendo alta produção, auxiliando a combater a desnutrição humana. Suas sementes foram distribuídas em 2007 a 20 mil pessoas ao noroeste de Guiné-Bissau, tendo alto grau de exportação. Em Cabo Verde, a cultura é adaptada a excesso de chuvas e evita a erosão (Gil, 2019).

Nos Estados Unidos, 11 estados produzem o amendoim, chegando a níveis próximos de 2,5 mil toneladas, sendo uma cultura principal no cinturão verde; demonstra sua importância a existência do “American Peanut Council”, Conselho Americano de Amendoim (APC, 2019).

Na América do Sul, destacam-se como principais produtores a Argentina e o Brasil, com produção de 1,00 e 0,47 milhão de toneladas, respectivamente. No entanto, no cenário global, o Brasil ainda não possui grande expressividade, representando apenas 1% do total mundial (USDA, 2019).

São Paulo é o estado com maior produção, cerca de 70 a 80%, havendo um aumento por conta da mecanização e de tecnologias, o que valoriza mais o produto final e aumenta os rendimentos da cultura, mudando nossa condição de importadores do grão para seus exportadores, em casca ou grãos preparados. A segunda região produtora é a região nordeste do Brasil, porém obtém apenas 28% da demanda local, sendo a maneira de cultivo com maior ação humana e animal que de máquinas específicas (Suassuna et al., 2014).

Cultivares comerciais

Godoy et al. (1990) comentam sobre a redução da área produtiva do amendoim na época de 1970-1990, principalmente devido à baixa rentabilidade. Essa redução causa justamente a pesquisa por novas cultivares por meio do melhoramento genético no Instituto Agrônomo de Campinas – IAC. O uso de cruzamentos entre cultivares dos grupos Valência e Spanish aumentava de 15-20% a produtividade com os mesmos manejos sendo utilizados.

Como suas vagens possuem geotropismo positivo e se enterram para se desenvolver, maiores números de operações são necessários e máquinas são desenvolvidas para suas exigências. Implementos de tração animal ou em tratores auxiliam nas ações de arranquio, enleiramento e recolhimento, além do processo de descascamento dos grãos, ideais para a baixa dos gastos que esta cultura possui (Silva e Sofiatti, 2014).

Atualmente, o IAC produz oito cultivares do amendoim, sendo que tem em seu conjunto de sementes a serem vendidas cinco cultivares, além de duas no início das vendas: IAC 503, com uma produção média de 4.500 a 6.000 kg.ha⁻¹, ciclo de crescimento de 130 a 140 dias, com uma resistência a doenças, principalmente a mancha-preta e a ferrugem; IAC 505, com produção média de 4.500 a 6.000 kg.ha⁻¹,

ciclo semelhante e mais utilizada para óleo vegetal; IAC OL3, com produção média de 4.500 a 7.000 kg.ha⁻¹, ciclo de 125-130 dias e com alto teor oleico, porém sendo mais susceptível a doenças; IAC OL4, com produção de 4.500 a 7.000 kg.ha⁻¹, alta produção de óleo, porém também é suscetível a doenças; IAC OL5, com produção de 4.500 a 6.000 kg.ha⁻¹, ciclo de 125-130 dias e mais resistente a doenças; IAC Tatu ST, com produção de 3.000 a 4.000 kg.ha⁻¹, mais precoce, com ciclo de 90 a 100 dias, sendo mais adaptada a pequenos e médios produtores; IAC Sempre Verde (In 322), produzida para cultivos orgânicos, com produção de 5.000 kg.ha⁻¹, ciclo de 130-140 dias e resistente a doenças fúngicas; e IAC Runner 886, com produção de 4.000 a 6.000 kg.ha⁻¹, resistente à mancha-castanha, porém suscetível à mancha-preta e à ferrugem (INFOAMENDOIM, 2019; Godoy et al., 2018; IAC, 2019)

Existem também outras cultivares além das produzidas pelo IAC, destacando-se as produzidas pela Embrapa, principalmente para o uso no nordeste brasileiro, adaptadas ao padrão climático da região, tendo uma característica de alta produção de óleo: Granoleico, com ciclo de 150 dias; Pronto AO, ciclo de 120 dias; TamRun OL01, ciclo de 110 dias, TamRun OLin, ciclo de 110 dias; BR1, ciclo de 90 dias e adaptada à colheita manual; BRS 151 L7, ciclo de 85 dias, adaptada a colheita manual; BRS Havana, ciclo de 90 dias; e BRS Pérola Branca, com ciclo de 120 dias (EMBRAPA, 2014).

O amendoim, normalmente, é suscetível a ataques de insetos (lagartas, como elasma e lagarta-rosca, percevejo-castanho, percevejo-preto, tripes, cigarrinha, cigarrinha-verde, pulgão-do-algodoeiro e formigas), ácaros e microrganismos existentes no ambiente que podem causar danos notáveis (Gabriel, 2016), sendo viável a produção somente mediante o controle dessas pragas, bem como de doenças (rhizoctoniose, podridão-do-colo, murcha-de-Sclerotium, mancha-preta, mancha-castanha, verrugose, ferrugem, mancha-barrenta, queimas das folhas, mofo-cinzento e mancha-anular, conforme Moraes, 2006), o que pode requerer a aplicação de agrotóxicos para o controle geral nas áreas, alterando seu custo-benefício.

Vários acessos estão sendo utilizados para a cruzar com *A. hypogaea*, tendo como objetivos a resistência biótica. Os trabalhos de Ramos (2007), Guo et al. (2016), Yadav et al. (2018), Michelotto et al. (2019), entre outros, indicam o uso de espécies

como *A. cardenasi*, *A. glandulifera*, *A. gregoryi*, *A. ipanensis*, *A. kempf-mercadoi*, *A. krapovickasi*, *A. kuhlmanii*, *A. magna*, *A. palustres*, *A. paraguayensis*, *A. pinto*, *A. pusila*, *A. aff. simpsonii* e *A. villosa* nos cruzamentos para resistência a essas pragas e doenças citadas anteriormente.

Existem também amendoins utilizados como consórcio em pastagens, como o *A. pinto* e *A. repens*. O uso de amendoim juntamente ao pasto é valioso pela adubação nitrogenada do ar, causando melhoras nas condições de fertilidade, maior teor de matéria orgânica no solo e aumento da forragem em épocas mais secas do ano. A presença dessas características permite o lançamento de novas cultivares para este tipo de uso (Assis e Valentim, 2009).

Deficiência hídrica em amendoim

A água é considerada o recurso mais importante para a vida; o excesso causa catástrofes ambientais e a falta dela causa a fome e a miséria. Tendo isso em mente, a disponibilidade hídrica é essencial ao desenvolvimento apto de alimentos (Paz et al., 2000).

Entre os fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento do amendoimzeiro, a restrição hídrica tem efeito em diversos processos anatômicos, biológicos, bioquímicos, fisiológicos, moleculares e morfológicos das plantas, podendo afetar a produção. Kambiranda et al. (2011) citam uma estimativa anual que mostra que as perdas na produtividade de amendoim causadas 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 ao estresse abiótico (Pereira et al., 2012; Nogueira e Santos, 2000; Santos et al., 2013). Essa “habilidade” está relacionada principalmente ao fato de as plantas de amendoim apresentarem raízes com capacidade de se 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 pelas relações hídricas (Carrega et al., 2019). 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 às 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 a altas temperaturas, influencia negativamente todo o estágio vegetativo do amendoim, desde a semeadura à colheita. Para Larcher et al. (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 à seca, o amendoim é mais afetado pela deficiência hídrica na fase reprodutiva, principalmente durante o florescimento e enchimento dos frutos.

De acordo com muitos autores, 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 e Boyer, 1995; Reddy et al., 2004; Santos e Carlesso, 1998), interferindo diretamente em diversos processos fisiológicos e bioquímicos (Alves, 2013; Graciano, 2009). 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 et al., 1981).

Autores mencionam que a raiz é a primeira parte da planta que percebe a falta d'água e, por meio de sinais bioquímicos, sinaliza às folhas que realizem o fechamento estomático, para evitar a perda de água por meio da transpiração (Morgan, 1990;

Taylor, 1991; Turner et al., 2001). Larcher (2006) menciona que a deficiência hídrica promove a diminuição na turgescência, a 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 até mesmo dentro de uma mesma espécie, existem comportamentos diferenciados em relação ao estresse hídrico. Existe grande variabilidade relacionada ao grau de tolerância ao estresse, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes ao estresse hídrico (Kratz et al., 2013).

Reguladores de crescimento

Reguladores de crescimento são substâncias que, quando aplicadas, alteram o crescimento vegetal, permitindo um controle maior desse crescimento e induzindo a floração e frutificação, principalmente em frutíferas (Mouco et al., 2011). Segundo Lamas e Ferreira (2011), são substâncias aplicadas nas plantas que reduzem o ácido giberélico, agente promotor de divisão e expansão celular, o que pode auxiliar na produção das plantas.

A maturação na cana-de-açúcar pode ser precoce com a aplicação desses produtos, como o glyphosate e o sulfometuron-methyl (Meschede et al., 2010). Foi proposto um modelo matemático para a aplicação de reguladores de crescimento na cana-de-açúcar para que sejam aplicados em época adequada para melhor obtenção de matéria-prima para o setor sucroenergético, sem o desperdício de tempo e material obtido (Carmo, 2020).

Para café, foram realizados estudos para a obtenção de frutos maduros, com o ethephon (Komatsu, 2008). O uso de ethephon e ethy-trinexapac, na cultura do milho, permite a colheita precoce sem alteração nas características produtivas das plantas

(Garcia, 2014). O sorgo-sacarino apresenta melhoras na produção com o uso de ethephon, ethyl-trinexapac, glyphosate e sulfometuron-ethyl, sendo o ethyl-trinexapac o que melhor conduziu a cultivar BRS 509.

Para plantas daninhas, o efeito desses compostos é diferenciado. Para *Ipomoea hederifolia*, o uso de glyphosate e ethephon reduziu o número de sementes a ser dispersado no solo e ethyl-trinexapac, glyphosate e fluazifop-p-butyl reduziram a viabilidade das sementes no ambiente (Cesarin, 2014). Carrega et al. (2013) afirmam que as sementes de *Merremia aegyptia* têm um potencial germinativo negativado se a planta recebe a aplicação durante o seu período reprodutivo. Isso gera dúvidas sobre o processo em cada tipo de plantas nas quais é utilizado.

Para o amendoim, existem vários trabalhos citados por Carrega (2013) quanto ao uso dos reguladores, como: aplicação de GA3 (giberelina), causando o aumento das plantas; tratamento com auxina nas sementes, causando aumento da produção; uso de ácido naftaleno acético (ANA) induzindo aumento de 40% da produção e aumentando o teor de óleo existente nos grãos; aumento de área foliar com o uso de chomequat; redução de altura, porém aumento de floração e massa seca, com o uso de daminozide, entre outros. Cita, ainda, a utilização de ethyl-trinexapac, glyphosate, MTD-O, sulfometuron-methyl e etefon para a cultivar IAC 503, obtendo bons resultados para a cultura, antecipando a colheita.

Referências

AGOSTINHO, F. H. (2001). **Interferência das plantas daninhas em cultivares de amendoim**. 52 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

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

APC – American Peanut Council. (2019). Disponível em: <<https://www.peanutsusa.com/>>. Acesso em: 29 out. 2019.

ARRIEL, N. H. C. (2014). **Oleaginosas, fibrosas e leguminosas**. Embrapa Algodão-Capítulo em livro científico (ALICE).

ASSIS, G. M. L.; VALENTIM, J. F. (2009). Programa de Melhoramento Genético do Amendoim Forrageiro: Avaliação Agronômica de Acessos no Acre. **Amazônia, Ciência & Desenvolvimento**. v. 4, n. 8, p. 207-215.

BABU, V. R.; RAO, D. V. M. (1983). Water Stress Adaptations in The Ground Nut (*Arachis hypogaea* L.) – Foliar Characteristics and Adaptations to Moisture Stress. **Plant Physiology & Biochemistry**, vol. 10, n. 1, p. 64–80.

BARROSO, A. J. R.; SILVA, H. A.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, S. N.; SILVA, P. B.; BRITO, K. D.; ALMEIDA, R. D.; GOMES, J. P. (2019). Uso de resíduo do extrato aquoso de amendoim na elaboração de bolo sem glúten. **Brazilian Journal of Development**. v. 5, n. 4, p. 3327-3340.

CARMO, C.R.S. (2020). **Modelo Matemático para Otimização do Planejamento da Aplicação de Agentes Maturadores e da Colheita da Cana-de-açúcar**. 86 f. Tese (Doutorado em Agricultura - Energia na Agropecuária) – Unesp, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu.

CARREGA, W. C. (2013). **Utilização de reguladores para antecipação da colheita do amendoim rasteiro**. 39 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CARREGA, W. C.; CESARIN, A. E.; AMARAL, C. L.; JAYME NETO, N.; ALVES, P. L. C. A. (2013). Potencial germinativo de sementes de *Merremia aegyotia* provenientes de plantas submetidas a aplicações de maturadores durante o período reprodutivo. In: **XXI Congresso Latinoamericano de Malezas y XXXIV Congreso Mexicano de la ASOMECINA**, Cancún.

CARREGA, W. C.; SANTOS, J. I.; CESARIN, A. E.; GALLARDO, G. J. T.; BACHA, A.L.; GODOY, I. J.; ALVES, P. L. C. A. (2019). Respostas fisiológicas de genótipos de amendoim à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. v. 54, p. 119-133.

CESARIN, A. E. (2014). **Efeito de maturadores sobre a germinação e crescimento inicial de corda-de-viola**. 45f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CHONCHOL, J. (2005). A soberania alimentar. **Estudos Avançados**. v.19, n.55, p.33-48.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Brasileira. **Cultivares de amendoim registradas no Brasil**. (2014). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_state=normal&p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1ga1ceportlet&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3803&p_r_p_-996514994_topicId=3448&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-1&p_p_mode=view> Acesso em: 10 fev. 2020.

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Biblioteca Virtual. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/pt/assunto/493/amendoim/>>. Acesso em: 9 set. 2016.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA S. M. A. (2009). Plant drought Stress: Effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable and Development**, vol. 29, n. 1, p. 185–212.

FLORIANO, R. F.; GRABLIN, K.; ROSSI, R. C.; FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V. (2020). Propriedades tecnológicas e sensoriais de pasta de amendoim elaborada com ingredientes prebióticos. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 3, p. 13716-13726.

GABRIEL, D. (2016). Pragas do amendoim. **Documento Técnico**. v.26, p.1-25.

GARCIA, R. A. F. (2014). **Utilização de reguladores para antecipação da colheita do milho**. 22 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

GIL, F. (2019). **Amendoim: história, botânica e culinária**. Editora Senac São Paulo: São Paulo. 232 p.

GODOY, I. J.; MINOTTI, D.; RESENDE, P. L. (2005). **Produção de amendoim de qualidade**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas. 168 p.

GODOY, I. J.; MORAES, A. R. A.; SANTOS, J. F.; MICHELOTTO, M. D.; BOLONHEZI, D.; FREITAS, R. S.; CAVICHOLI, J. C.; CARVALHO, C. R. L. C.; MARTINS, A. L. M. (2018). **Cultivares de Amendoim Alto Oleicos: Uma Inovação para o Mercado**

Produtor e Consumidor Brasileiros. Disponível em: <<http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=1148>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

GODOY, I. J.; MORAES, S. A.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; VEIGA, R. F. A. (1990). Avaliação do Potencial Agronômico de Introduções de Amendoim com Vistas ao Melhoramento Genético. **Bragantia**. v.49, n.1, p.127-140.

GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J.; CÂMARA, G. M. de S. Tecnologia da produção. CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS-FILHO, J.; FONSECA, H. (1982). **Amendoim: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia.

GRACIANO, E. S. A. (2009). **Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido à deficiência hídrica**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GUO, B.; KHERA, P.; WANG, H.; PENG, Z.; SUDINI, H.; WANG, X.; OSIRU, M.; CHEN, J.; VADEZ, V.; YUAN, M.; WANG, C. T.; ZHANG, X.; WALIAR, F.; WANG, J.; VASRSHNEY, R. K. (2016). Chapter 6 - Annotation of Trait Loci on Integrated Genetic Maps of *Arachis* Species. In: STALKER, H. T.; WILSON, R. F. (ed.) **Peanuts – Genetics, Processing and Utilization**. p. 163-207.

HENRIQUES NETO, D. H.; TAVORA, F. J. A. F.; SILVA, F. P.; SANTOS, M. A.; MELO, F. I. O. (1998). Componentes de produção e produtividade do amendoim submetido a diferentes populações e configurações de semeadura. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Capina Grande, v. 2, n. 2. p. 113-122.

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/index.php>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

INFOAMENDOIM. (2019). **IAC OL5 – Nova Cultivar de Amendoim Alto Oleico**. Disponível em: <<http://infoamendoim.com.br/site/wp-content/uploads/2019/08/IAC-OL5-Nova-cultivar-de-amendoim-Alto-Oleico.pdf>> Acesso em: 12 fev. 2020.

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

KOMATSU, R. A. (2008). Influência de reguladores de crescimento na uniformidade e qualidade da bebida do café arábica. 34o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. In: **Anais...**

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. (1995). **Water relations of plant and soils**. Academic Press, New York.

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

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

LAMAS, F. M.; FERREIRA, A. C. B. (2011). Reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores. 2011. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: ABRAPA, p. 777-796.

LARCHER, W. (2006). **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 532 p.

LARCHER, W.; MORAES, J. P. A. V.; BAUER, H. (1981). **Adaptive responses of leaf water potential, CO₂ gas exchange and water use efficiency of *Olea europaea* during drying and rewatering**. In: MARGARIS, N. S.; MOONEY, H. A. (Eds.). Components of productivity of Mediterranean-climate regions basic and applied aspects. The Hague: Junk Publishers, p. 77-84.

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

MAFAKHERI, A.; SIOSEMARDEH, A.; BAHRAMNEJAD, B.; STRUIK, P. C.; SOHRABI, Y. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. **Australian Journal of Crop Science**, vol. 4, n. 8, p. 580-585.

MANSOUR, M. M. F. (2014). The plasma membrane transport systems and adaptation to salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 18, p. 1787-1800.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. (2010). Efeitos do glyphosate e sulfometuron-methyl no crescimento e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**. v. 28, n. especial, p. 1135-1141.

MICHELOTTO, M. D.; CARREGA, W. C.; PIROTTA, M. Z.; GODOY, I. J.; LOURENCAO, A. L.; MARTINS, A. L. M. (2019). Control of thrips (*Enneothrips flavens* Moulton.) with synthetic and biological insecticides in different peanut genotypes. **Australian Journal of Crop Science**. v. 13, n. 7, p. 1074-1082.

MORAES, S. A. (2006). **Amendoim: Principais doenças, manejo integrado e recomendações de controle**. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/amendoim/Index.htm>. Acesso em: 25 abr. 2019.

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

MOUCO, M. A. C. L.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. (2011). Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33, n. 4, p. 1043-1047.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. FAO (2016). Como alimentar a crescente população global? Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fao-como-alimentar-a-crescente-populacao-global/>>. Acesso em: 23 maio 2019.

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

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

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

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. (2000). Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.4, n.3, p.465-473.

PEREIRA, J. W. L.; ALBUQUERQUE, M. B.; MELO FILHO, P. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, L. M.; SANTOS, R. C. (2016). 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.

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

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. (2017). Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel- Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1.

RAMOS, V. R. (2007). **Caracterização da Resistência às Cercosporioses, Lagarta-do-Cartucho e Lagarta da Soja em Espécies Silvestres do Gênero *Arachis*, para Uso no Melhoramento Genético do Amendoim**. 109 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Genética) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, São Paulo.

REDDY, A. R., CHAITANYA, K. V, VIVEKANANDAN, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, vol. 161, n. 18, p. 1189–1202.

RIBEIRO, M. F. S.; COSTA, B. J. (2015). Importância e características dos óleos vegetais. In: MELO, G.L.; RIBEIRO, M.F.S. **Processamento de Oleaginosas como Alternativa de Agregação de Valor na Agricultura Familiar**. Irati: IEEP, p. 6-12.

RODRIGUES, L. G. D. S. M.; RODRIGUES, F. M.; OLIVEIRA, E. M. de; VIERA, V. B.; ARÉVALO, A. M.; VIROLI, S. L. M. (2016). Peanut (*Arachis* sp.) as a source in the Brazilian energy matrix. **Journal of bioenergy and food science**, v. 3, n. 3, p. 178-190.

SANTOS, R. C.; GODOY, I. J.; FAVERO, A. P. (2013). Melhoramento do Amendoim. In: SANTOS, R. C. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 585 p.

SANTOS, R. C.; MELO FILHO, P. A.; BRITO, S. F. M.; MORAES, J. S. (1997). Fenologia de genótipos de amendoim dos tipos botânicos Valência e Virgínia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 607-612.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. (1998). Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, vol. 2, n. 3, p. 287-294.

SHARMA, S.; PANDEY, M. K.; SUDINI, H. K. L.; UPADHYAYA, H. D.; VARSHNEV, R. K. (2017). Harnessing genetic diversity of wild *Arachis* species for genetic enhancement of cultivated peanut. **Crop Science**. v. 57, n. 3, p. 1121-1131.

SILVA, G. S.; OLIVEIRA, R. A.; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. N. B.; SOUSA, M. F.; SILVA, S. A. (2013). Desempenho agrônomo de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 9, p. 975-981.

SILVA, O. R. R. F.; SOSIATTI, V. (2014) Mecanização. In: **Sistema de Produção de Amendoim**. Embrapa Algodão. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3803&p_r_p_-996514994_topicold=3455>. Acesso em: 23 maio 2019.

SUASSUNA, T. M. F.; ANDRADE, F. P.; SUASSUNA, N. D. (2014). Regiões produtoras de amendoim no Brasil. In: SUASSUNA, T. M. F. **Sistema de Produção de Amendoim**. Embrapa Algodão. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 23 maio 2019.

SUASSUNA, T. M. F.; SANTOS, R. C.; GONDIM, T. M. S. (2006). **Importância Econômica**. In: **Cultivo do Amendoim**. Campina Grande: Embrapa Algodão. (Embrapa Algodão. Sistema de Produção Técnica, 7).

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. (2017). **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.

TAYLOR, I. B. (1991). 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.

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

USDA - United States Department of Agriculture (2019). Foreign Agricultural Service. World Agricultural Production. **Circular Series**, WAP 4-19, April 2019. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/PSDOnline/Circulars/2019/04/production.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

VALLS, J. F. M. (2005). Recursos genéticos do gênero *Arachis*. In: SANTOS, R. C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, cap. 2, p. 45-69.

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

VIANA, R. S.; MAY, A.; MATEUS, G. P.; RODRIGUES NETO, A. D.; LOPES, P. R. M. (2017). Aspectos tecnológicos de sorgo-sacarino submetido à aplicação de reguladores químicos. **Científica**. v. 45, n. 3, p. 204-213.

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

YUDAV, V. P.; RANWAH, B. R.; NIGAM, S. N.; SHUKLA, G. P.; KUMAR, R. V. (2018). Progenies selection for drought tolerance in peanut (*Arachis hypogaea* L.) through indirect (trait based) selection method. **Plant Archives**. v. 18, n. 2, p. 1830-1834.

CAPÍTULO 2 – Défice hídrico no crescimento, desenvolvimento e produtividade de cultivares de amendoim

Resumo – A água é um dos recursos mais importantes para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de amendoim submetidas à restrição hídrica, visando selecionar cultivares com maior tolerância a esse estresse abiótico. Foram realizados dois experimentos com as cultivares de amendoim IAC 503, IAC Runner 886 e IAC Sempre Verde. Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos casualizados, em ambientes semicontrolados. O primeiro experimento foi realizado em vasos de 10L, sendo os tratamentos constituídos pelas plantas sob dois níveis hídricos, 80% da capacidade de campo (sem restrição hídrica) e 30% da capacidade de campo (com restrição hídrica) durante dois períodos reprodutivos (R1 e R2). Foram avaliados a altura das plantas, o comprimento do ramo primário, o diâmetro do ramo principal e do ramo secundário, o número de ramos primários, o número de nós, o comprimento de entrenós, o número de folhas da haste principal, clorofila na folha e na planta, fotossíntese, transpiração, fluorescência, temperatura foliar, potencial hídrico foliar e massa seca. O segundo experimento foi realizado em caixas de cimento enterradas, realizando a deficiência hídrica nos períodos reprodutivos R2, R5 e R7, com ou sem a aplicação de regulador de crescimento no estágio R5. Ao final do ciclo da cultura, foi determinado o número de vagens e a produtividade por parcela. De acordo com os resultados, no primeiro experimento, verificou-se que a restrição hídrica reduziu a maioria dos parâmetros fisiológicos avaliados e, conseqüentemente, interferiu no crescimento e desenvolvimento das plantas nos dois períodos reprodutivos (R1 e R2). No segundo experimento, constatou-se que a restrição hídrica causou perdas significativas na produtividade das três cultivares estudadas e que o uso de regulador de crescimento melhorou as condições das plantas em estresse hídrico. Com base nos resultados, concluiu-se que: (i) no início do florescimento (R1) e durante a formação dos ginóforos (R2), a cultivar IAC 503 é menos sensível à deficiência hídrica; (ii) sob restrição hídrica, podem ocorrer perdas na produção das cultivares IAC Runner 886, IAC Sempre Verde e IAC 503, chegando a 18% de redução; (iii) o uso do regulador de crescimento pode ser uma ferramenta para atenuar os efeitos da deficiência hídrica.

Palavras-chave: Água; *Arachis hypogaea* L.; fisiologia vegetal; regulador de crescimento.

Hydric deficit upon growth, development and yield of peanut cultivars

Abstract – Water, being one of the most essential resources for plants, is mostly important for plant productivity, altering its natural conditions. In so, the objective in this work is to evaluate peanut crop cultivars among water deficiency conditions in order to select cultivars with high tolerance to this abiotic stress. Two experiments were performed using peanut cultivars IAC 503, IAC Runner 886 and IAC Sempre Verde. Experiments were installed in random block design in semicontrolled conditions. First experiment was performed in 10L vases, being treatments constituted of plants irrigated at 80% field capacity (no hydric restriction) and 30% of field capacity (with hydric restriction) during two reproductive periods (stages R1 and R2). Evaluations were made for height, main stem length, main stem diameter and secondary stem diameter, number of main stems, node number, internode length, main stem's number of leaves, leaves chlorophyll and plants chlorophyll, photosynthesis, transpiration, fluorescence, leaf temperature, hydric potential and dry matter. The second experiment was performed in cement boxes, being in water deficiency on periods R2, R5 and R7, with or without plant growth regulator on R5 stage. At the end of cropping period, was evaluated the number of pods and productivity. First experiment shows the water restriction reduced most of physiological parameters evaluated on both stages (R1 and R2). Second experiment indicates the mean productivity of each cultivar is affected by the water restriction and the usage of growth regulator increases studied characters in stressed conditions. Based in these results, it is concluded that: (i) upon initial stages of reproduction (R1) and during gynophore formation (R2), IAC 503 is the least affected cultivar to water restriction; (ii) under water restriction condition, losses may be occurring on cultivars IAC Runner 886, IAC 503 and IAC Sempre Verde, reaching to 18% losses; (iii) usage of growth regulator may be a loss-attenuation tool in water stress conditions.

Keywords: Water; *Arachis hypogaea* L.; plant physiology, growth regulators.

Introdução

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma importante cultura econômica amplamente comercializada em todo o mundo (Ding et al. 2017). No Brasil, a cultura do amendoim está em constante crescimento, gerando, na última safra, receita superior a R\$ 1 bilhão. Essa receita demonstra que a cultura tem grande impacto econômico, contribuindo com a geração de empregos e renda para famílias que com ela trabalham direta ou indiretamente (Carrega, 2019). Entretanto, diversos fatores podem comprometer o potencial produtivo do amendoim em campo e, consequentemente, influenciar negativamente toda a cadeia produtiva.

Segundo Ali et al. (2017), a deficiência hídrica é um dos principais estresses que afetam a produtividade das culturas agrícolas. A água é considerada o principal recurso para que as plantas sobrevivam ao ambiente em que estão situadas. Longos períodos de estresses hídricos (ausência ou excesso) podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo alterar processos fisiológicos, morfológicos, bioquímicos e moleculares, causando reduções na produtividade ou até mesmo levando as plantas à morte (Kambiranda et al., 2011; Paz et al., 2000).

De acordo com alguns autores, o estresse ocasionado pela deficiência hídrica na cultura do amendoim reduz a resistência estomática, taxa fotossintética, transpiração, temperatura foliar, potencial hídrico foliar, massa vegetativa entre outros, causando queda na produtividade (Carrega et al., 2019a; Larcher et al., 1981; Alves, 2013; Graciano, 2009), prejudicando a qualidade dos grãos ou a viabilidade das sementes, principalmente pela falta de água durante o enchimento das vagens (Carrega et al. 2019b).

Segundo Songsri et al. (2008), em áreas onde a seca é recorrente, as perdas no rendimento do amendoim podem variar entre 22 e 53%. Para Haro e Carrega (2019) os danos podem ser ainda mais intensos; os autores mencionaram que o solo seco pode ser uma barreira física e dificultar a penetração dos ginóforos. De acordo com os pesquisadores, o período em que as plantas ficam expostas a essa barreira

física (i.e., solo seco) causa perdas de até 43% na produção das vagens. Mas, quando há a barreira física e as plantas estão desidratadas (i.e., deficiência hídrica), as perdas podem chegar a 62%. Os autores ainda complementaram que, se houver a barreira física, a deficiência hídrica e estresse térmico (aumento da temperatura), as perdas na produção de vagens do amendoim podem chegar a 80%.

Entre as alternativas para minimizar os impactos negativos causados pelos estresses abióticos, o melhoramento genético é considerado uma das principais estratégias para assegurar a tolerância das plantas e manter o alto potencial produtivo das culturas agrícolas. De acordo com Carrega (2017), o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes a deficiência hídrica é de fundamental importância para a cultura do amendoim, sendo uma alternativa para manter seu rendimento sob esse tipo de estresse.

Segundo Thangthong et al. (2018), muitos programas de melhoramento genético de amendoim estão buscando aperfeiçoar a produtividade de genótipos sob deficiência hídrica. No Brasil, os programas de melhoramento genético têm intensificado os estudos principalmente em outras temáticas, como o desenvolvimento de plantas resistentes a doenças foliares e pragas e poucos estudos sobre os estresses abióticos. Entretanto, nos últimos anos têm ocorrido mudanças climáticas atípicas, épocas com chuvas normais (ideal para o cultivo), épocas com chuvas muito intensas e épocas com secas severas (Carrega et al. 2019a). Quando ocorrem chuvas muito intensas ou secas severas, os prejuízos causados na cultura são bastante significativos, o que tem elevado a importância dos estudos sobre estresse hídrico dentro dos programas de melhoramento genético de amendoim no Brasil.

Além do melhoramento genético, outra estratégia que pode ser utilizada para minimizar os impactos da deficiência hídrica é o uso de reguladores de crescimento. Alguns estudos com o etil-trinexapac apresentaram aumento da tolerância à seca e à salinidade, devido à redução da perda de água pela regulação da abertura estomática, aumento do ajuste osmótico, melhora da taxa fotossintética, supressão do crescimento vertical de algumas culturas (Arghavani et al., 2012; Correia; Leite, 2012; Elansary; Salem, 2015). Segundo Anderson et al. (2011), o uso do etil-trinexapac inibe a biossíntese de ácido giberélico na planta, reduzindo seu crescimento, o que melhora

a distribuição de nutrientes pela planta e melhora as condições de produção. Além disso, a aplicação de etil-trinexapac na fase de enchimento de grãos, pode auxiliar na diminuição do ciclo e na antecipação da colheita do amendoim (Carrega, 2013), podendo ser uma estratégia de manejo viável para minimizar o impacto da deficiência hídrica.

Diante do exposto, espera-se que a busca por cultivares com maior tolerância à deficiência hídrica e o uso de produtos que melhorem a capacidade das plantas em suportar períodos de deficiência hídrica são de fundamental importância para a cadeia produtiva do amendoim, possibilitando a expansão da cultura para regiões com menores disponibilidades hídrica, bem como fornecendo subsídios para o aumento da sua produção nacional.

Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em condições semicontroladas, as possíveis alterações morfológicas, fisiológicas e produtivas de cultivares de amendoim submetidas à deficiência hídrica e ao uso de maturador de crescimento e selecionar cultivares que possam ser aproveitadas para o plantio em estações com alto índice de déficit hídrico.

Material e métodos

Foram realizados dois experimentos em condições semicontroladas no Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA), pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo.

Experimento 1 – Casa de vegetação

O primeiro experimento (Figura 1), foi realizado em casa de vegetação, seguindo o delineamento de blocos inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, tendo como tratamentos três genótipos de amendoim: IAC 503, IAC Runner 886 e IAC Sempre Verde (In 322) submetidos a dois níveis hídricos (com e sem deficiência hídrica), com 4 repetições.

A semeadura das cultivares foi realizada em vasos com capacidade para 10 L, preenchidos com mistura de terra e areia (2:1 v/v), sendo a terra retirada da camada arável de um Latossolo Vermelho Eutroférico Típico, textura argilosa. A adubação de semeadura consistiu na aplicação de 215 kg.ha⁻¹ da formulação NPK 04-20-20.

No momento da semeadura, em cada vaso foram depositadas 7 sementes previamente tratadas com o inseticida tiametoxan (200 mL p.c. 100 kg de sementes⁻¹) e com o fungicida carboxina + tiram (200 SC - 350 mL p.c. 100 kg de sementes⁻¹). Após a emergência, foi realizado o desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso.

As cultivares de amendoim utilizadas no estudo foram: IAC 503, que apresenta moderada resistência às doenças foliares (causadas pelo *Cercosporidium personatum* (Berk. & Curt.) Deighton, *Cercospora arachidicola* Hori e *Puccinia arachidis* Speg.), potencial produtivo médio de 6.000 kg ha⁻¹, hábito de crescimento indeterminado e ciclo variando entre 130 e 140 dias após a semeadura (DAS), podendo ser prolongado dependendo das condições edafoclimáticas (Godoy et al., 2009); IAC Runner 886, que possui produtividade média de 4.000 a 6.000 kg.ha⁻¹, período de crescimento de 125-130 DAS, com o potencial de resistência a mancha-

castanha (*C. arachidicola*) e susceptível as outras doenças (INFOAMENDOIM, 2019); e a cultivar lançada recentemente pelo Instituto Agrônomo de Campinas, IAC Sempre Verde (In 322), com produtividade média de 5.000 kg.ha⁻¹ após período de 130-140 DAS, sendo uma cultivar predominante para cultivo orgânico (sem uso de agrotóxicos) e resistente a doenças causadas por fungos (IAC, 2019).

Para evitar a interferência de doenças e pragas, realizou-se tratamento fitossanitário constituído dos inseticidas tiametoxam + lambda-cialotrina (141 g i.a.ha⁻¹, 106 g i.a.ha⁻¹) no controle do tripses-do-prateamento (*Enneothrips flavens* Moulton, 1941, Thysanoptera: Thripidae) e da lagarta-do-pescoço-vermelho (*Stegasta bosquella* Chambers, 1875 (Lepidoptera: Gelechiidae)) e os fungicidas chlorothalonil (500 g i.a.ha⁻¹) no controle da mancha-preta (*C. personatum*) e da mancha-castanha (*C. arachidicola*).

Para estabelecer as diferenças no regime hídrico dos vasos, foi determinada a capacidade de campo (CC), seguindo a metodologia proposta por Santos et al. (2013). Em seguida, estabeleceu-se a capacidade de campo dos tratamentos, sendo as plantas sob disponibilidade hídrica com 80% da CC (ausência de estresse) e as plantas sob deficiência hídrica com 30% da CC (moderado estresse).

Os tratamentos hídricos foram realizados durante os estádios reprodutivos: R1 (início da formação de flores, 35 DAS) e R2 (formação de ginóforos, 60 DAS). Nogueira e Távora (2005) afirmam que o período de maior importância da necessidade hídrica é o reprodutivo. Os estádios de floração e enchimento de grãos são mais sensíveis à redução hídrica que os estádios vegetativos e de maturação (Howell et al., 1980). A escolha do estágio R1 foi baseada na maior probabilidade de abortos florais nas plantas de amendoim sob deficiência hídrica (Pezzopane, 2009) e a do estágio R2 foi devido às plantas sob deficiência hídrica apresentarem perdas na viabilidade durante a formação dos óvulos (Haro et al. 2011) e, conseqüentemente, levar a perdas na produtividade (Haro e Carrega, 2019).

Em cada estágio reprodutivo (R1 e R2), as plantas de amendoim sob deficiência hídrica foram submetidas à redução na disponibilidade de água durante três e cinco dias, mantendo-as a 30% da CC, sob temperatura média de 35°C.

Enquanto isso, os tratamentos sem deficiência hídrica foram mantidos a 80% da CC (Figura 1).

A**B**

Figura 1 - A - Ilustração geral do experimento 1; B - Efeito do regime hídrico, sendo plantas de amendoim submetidas a 30% (esquerda) e 80% (direita) da capacidade de campo.

Em seguida, procedeu-se com as avaliações morfológicas e fisiológicas. Determinou-se a altura da haste principal (HP), o comprimento do ramo primário mais desenvolvido (CRP), o diâmetro da haste principal (DHP), o diâmetro do ramo secundário (DRS), o número de ramos primários (NRP), o número de nós (NN), o comprimento dos entrenós (CEN), o número de folhas da haste principal (NFHP), o teor relativo de clorofila total na folha (SPADF) e na planta (SPADP), fotossíntese (A), transpiração (E), fluorescência (F), temperatura foliar (Tf) e potencial hídrico foliar (Ψ_w). Ao final de cada período de estresse, foi determinada a massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas sob disponibilidade e deficiência hídrica.

As avaliações fisiológicas foram realizadas no período da manhã, entre 9 e 10 horas. Para as avaliações da fotossíntese, transpiração e temperatura foliar, utilizou-se um Analisador de Gás Infravermelho (IRGA, Infrared Gas Analyzer - LICOR, modelo LI-6400), sendo as leituras realizadas nas condições da casa de vegetação (temperatura do ar 35°C, umidade relativa do ar 30% e concentração de CO₂ de 400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, utilizando intensidade de luz equivalente a 1.500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Para a fotossíntese, transpiração e temperatura foliar, os resultados foram expressos em

$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $^{\circ}\text{C}$, respectivamente, de acordo com Evans e Santiago (2014). Para os cálculos, determinou-se as áreas foliares totais dos quatro folíolos.

O teor relativo de clorofila total na folha (SPADF) e na planta (SPADP), medição de F_v/F_m , foi determinada por meio de valores do índice de SPAD-502, utilizando-se o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd.). Para SPADF, utilizaram-se quatro folíolos de cada folha e realizaram-se oito leituras na folha, duas leituras por folíolo, calculando-se a média para a folha amostrada; para SPADP, foram feitas 24 leituras aleatórias. Após o término das leituras, foram coletadas amostras das folhas utilizadas na determinação da SPADF para determinação dos pigmentos fotossintéticos.

Para determinação da fluorescência, utilizou-se detector do tipo PEA (Plant Efficiency Analyzer), marca Hansatec, sendo resultados expressos em unidade relativa. Para avaliar o potencial hídrico foliar (Ψ_w foliar), ao final de cada período de estresse foram selecionados folíolos maduros de cada tratamento (sob restrição hídrica e sob disponibilidade hídrica - testemunha), situados no terço superior da haste principal e, com o auxílio da câmara de Pressão de Scholander, o Ψ_w foliar foi expresso em MegaPascal (MPa) (Scholander et al., 1965), sendo a avaliação realizada imediatamente após a retirada da folha da haste principal.

Ao término de cada período, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C com posterior determinação da massa seca da parte área.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a análise estatística realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software Agrostat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015). Por meio das características avaliadas, realizou-se uma análise de agrupamento pelo método Ward, por meio da distância euclidiana e da análise de componentes principais (ACP), com auxílio do software Statistica (2016).

Experimento 2 – Caixas (condições semicontroladas)

O experimento foi conduzido em condições semicontroladas ao lado do Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA), no Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária (DBAA) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, estado de São Paulo. A localização geográfica está definida pelas coordenadas 21°15'22" S e 48°18'58" O, sendo a altitude média 570 m e declividade média do solo igual a 7%, apresentando clima tipo Cwa (subtropical) de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1936).

Adotou-se o delineamento em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 3x2x2, tendo como tratamentos três cultivares de amendoim (IAC Runner 886, IAC Sempre Verde e IAC 503), dois regimes hídricos (com e sem restrição hídrica) e dois tratamentos com e sem aplicação de regulador de crescimento, com 4 repetições.

As cultivares foram semeadas em caixas de cimento enterradas (Figuras 2A e 2B), cujas dimensões foram 50 cm de largura por 50 cm de comprimento e 1m de profundidade, sendo cada caixa denominada canteiro (parcela). O solo das caixas foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico Típico, textura argilosa. A adubação de semeadura consistiu na aplicação relativa a 215 kg.ha⁻¹ da formulação 04-20-20.

Durante a semeadura, foram depositadas 20 sementes de amendoim em diagonal dos vasos, previamente tratadas com o inseticida tiametoxan (200 mL do p.c.100 kg de sementes⁻¹) e fungicida carboxina + tiram (200 SC - 350 mL do p.c. 100 kg de sementes⁻¹). Após a emergência, foi realizado o desbaste, mantendo-se 12 plantas por parcela (Figura 2C).

As cultivares de amendoim utilizadas neste estudo foram as mesmas do primeiro experimento - IAC Runner 886, IAC Sempre Verde (In 322) e IAC 503. Para evitar a interferência de doenças e pragas, realizou-se o manejo fitossanitário utilizando-se os inseticidas Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (141 g i.a.ha⁻¹, 106 g i.a.ha⁻¹) e Tiametoxam (250 g i.a.ha⁻¹) no controle do tripses-do-prateamento (*E. flavens*) e da lagarta-do-pescoço-vermelho (*S. bosquella*) e os fungicidas

Chlorothalonil ($500 \text{ g i.a.ha}^{-1}$) e Piraclostrobina + Epixiconazol ($133 \text{ g i.a.ha}^{-1} + 50 \text{ g i.a.ha}^{-1}$) no controle da mancha-preta (*C. personatum*) e da mancha-castanha (*C. arachidicola*).

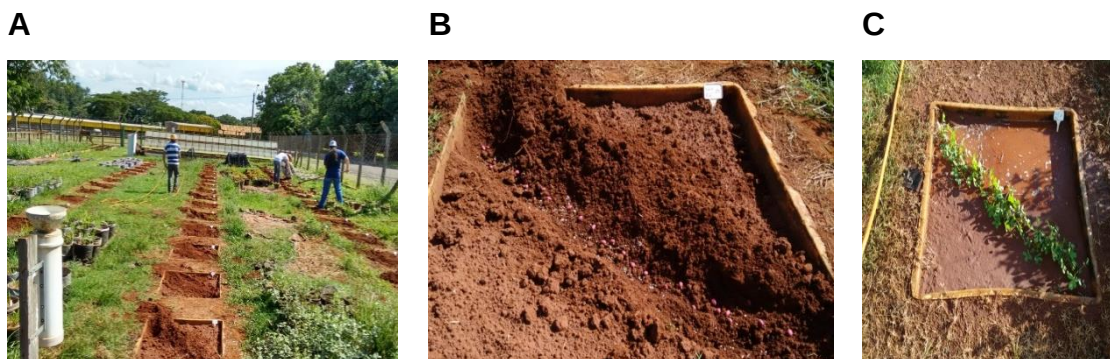


Figura 2 - A - Ilustração geral do experimento. B - Semeadura do amendoim nas parcelas. C - estande de plantas.m⁻².

Os tratamentos hídricos (com e sem restrição de água) foram realizados quando as plantas estavam em estágio reprodutivo R2 (início da formação dos ginóforos, “Pegs”), R5 (início da formação das sementes) e R7 (início da maturação). As plantas com restrição hídrica foram mantidas durante cinco dias em estufas plásticas de polietileno transparente, sendo estas abertas durante o dia na ausência de chuvas (Figura 3). Essas plantas foram mantidas com restrição hídrica até o momento em que as plantas mais estressadas atingiram o ponto de murcha temporária (i.e., teor de umidade no qual a planta ainda consegue retirar água do solo).



Figura 3 - Visão geral do experimento. A - Estruturas das parcelas com e sem restrição hídrica; B - Estrutura das parcelas sob restrição hídrica (aberta durante o dia, fechada durante a noite e dias de chuva); C - Detalhe das plantas sob restrição hídrica.

Em seguida, as plantas foram reidratadas a 80% da capacidade de campo, simulando assim períodos de deficiência hídrica durante os estádios reprodutivos R2, R5 e R7. No tratamento controle (sem deficiência hídrica), as plantas foram mantidas do início ao final do experimento a 80% da capacidade de campo. A umidade do solo de ambos os tratamentos hídricos (com e sem restrição) foi monitorada por meio de sensores (HidroFarm - Falker, modelo HFM 2010/ HFM 2030) e os dados da umidade dos substratos no decorrer do período de restrição foram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Umidade média dos substratos das parcelas com e sem restrição hídrica durante os estádios reprodutivos do amendoim.

Período	Umidade do substrato (%)					
	R2		R5		R7	
	Sem restrição	Com restrição	Sem restrição	Com restrição	Sem restrição	Com restrição
Início	20,47±0,09	19,90±0,06	19,93±0,07	20,27±0,27	20,20±0,31	20,27±0,37
1º dia	19,60±0,23	15,87±0,03	19,70±0,10	16,63±0,32	19,90±0,26	17,23±0,15
2º dia	20,23±0,09	13,73±0,09	20,03±0,12	14,40±0,15	21,00±0,09	14,83±0,15
3º dia	20,23±0,03	11,83±0,03	20,17±0,03	10,00±0,12	20,83±0,09	10,80±0,40
4º dia	19,83±0,09	7,50±0,78	19,90±0,06	6,20±0,30	21,27±0,27	7,03±0,24
5º dia	19,90±0,06	4,57±0,23	20,13±0,03	4,37±0,26	20,90±0,21	4,43±0,15

R2, início da formação dos ginóforos, “Pegs”; R5, início da formação das sementes; e R7, início da maturação.

Além dos tratamentos, cultivares e regimes hídricos, também foi realizada a aplicação de regulador de crescimento (etil-trinexapac - Moddus®) visando aumentar a tolerância das plantas à seca.

A aplicação do Moddus® foi realizada uma única vez e após a restrição hídrica realizada no estágio reprodutivo R5 (início da formação das sementes). A dose de Moddus® foi de 150 g i.a. ha⁻¹ (0,6 L p.c. ha⁻¹) e a aplicação foi realizada utilizando-se um pulverizador costal pressurizado por CO₂ munido de barras com quatro bicos com pontas tipo leque (TTJ60-11002 VP) espaçados em 0,5 m entre eles, operando a 2,3 kgf.cm⁻² de pressão e trabalhando com volume de calda correspondente a 200 L.ha⁻¹, com deslocamento a 1 m.s⁻¹, barra a 0,5 m de altura em relação ao alvo.

Neste experimento foram determinados os índices produtivos: número de vagens e produtividade por parcela - extrapolada para kg.ha⁻¹. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software Agrostat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

Resultados

Experimento 1 – Vasos (casa de vegetação)

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância dos parâmetros morfológicos e fisiológicos referente aos fatores: cultivares, regime hídrico e interação entre as cultivares e restrição hídrica.

No estágio R1, o fator cultivar (C) foi positivo para as variáveis HP, CRP, DHP (3 dias), DRS (3 dias), NRP (3 dias), NN (3 dias), CEN, NFHP, SPADF (3 dias), SPADP, A, E, F (5 dias), Tf, Ψ_w (5 dias) e MSPA. O estágio R2 foi positivo para as variáveis HP (5 dias), CRP, DHP (5 dias), DRS (5 dias), NRP (5 dias), NFHP, SPADF (3 dias), A, E, F (3 dias), Tf, Ψ_w (5 dias) e MSPA.

Para o fator regime hídrico (R), houve resultados positivos para os parâmetros HP, CRP, DHP (3 dias), DRS (3 dias), NN (5 dias), NFHP (3 dias), SPADP (5 dias), A, E, F (5 dias), Tf, Ψ_w e MSPA durante o estágio R1. Já para o estágio R2, foi positivo para HP (5 dias), CRP, DHP (5 dias), DRS (5 dias), NRP (5 dias), NRP, SPADP, SPADF, A, E, F (3 dias) Tf, Ψ_w e MSPA.

Quanto ao fator cultivar *versus* regime hídrico (CxR), os dados foram significativos para as variáveis morfológicas CEN (3 dias), A, E, F (5 dias), Tf (5 dias), Ψ_w (5 dias) e MSPA, para o estágio R1, e DHP (5 dias), SPADP (5 dias), A, E, F (3 dias), Tf, Ψ_w (5 dias) e MSPA para o estágio R2.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância por meio do teste F ($p < 0,05$) das características avaliadas no experimento, relacionando períodos de restrição hídrica e estádios reprodutivos quanto a cultivares, restrição hídrica e interação cultivar x restrição na cultura do amendoim em vasos na casa de vegetação.

Período de restrição hídrica																
	3 dias	5 dias	3 dias	5 dias	3 dias	5 dias	3 dias	5 dias	3 dias	5 dias	3 dias	5 dias	3 dias	5 dias	3 dias	5 dias
	HP		CRP		DHP		DRS		NRP		NN		CEN		NFHP	
R1 - Início da formação de flores																
F(C)	10,7**	15,5**	11,6**	13,5**	10,8**	1,8ns	11,7**	2,2ns	4,7*	2,0ns	19,2**	2,0ns	10,0**	9,3**	11,3**	5,6*
F(R)	44,6**	4,4*	19,9**	11,7**	6,4*	3,20ns	7,6*	2,4ns	2,2ns	2,5ns	1,2ns	10,8**	0,0ns	0,3ns	8,5**	2,9ns
F(CxR)	0,1ns	0,4ns	1,3ns	0,3ns	3,2ns	0,5ns	1,0ns	0,1ns	0,7ns	2,5ns	0,0ns	1,5ns	9,3**	1,0ns	1,2ns	0,1ns
CV (%)	10,5	12,7	12	16	4,9	9	10,4	13,1	15	12,5	15,4	10,4	11,1	15,5	14,3	10,8
R2 - Formação de ginóforos																
F(C)	1,0ns	8,3**	8,8**	8,0**	2,1ns	4,5*	2,7ns	8,9**	3,5ns	4,8*	1,4ns	2,0ns	3,0ns	1,6ns	4,3*	3,9*
F(R)	2,6ns	15,2**	16,1**	23,7**	2,5ns	48,7**	1,0ns	4,5*	0,5ns	6,4*	13,8**	18,2**	3,3ns	2,3ns	4,2ns	3,6ns
F(CxR)	0,1ns	0,8ns	0,6ns	0,9ns	1,0ns	14,2**	0,0ns	0,6ns	0,5ns	1,6ns	2,0ns	2,0ns	2,0ns	0,0ns	0,3ns	0,3ns
CV (%)	12,5	10,2	9,1	7	9,9	7,3	17,7	20,5	17,3	10,7	16,7	6,4	14,3	8,5	10	10,7
	SPADF		SPADP		A		E		F		Tf		Ψw		MSPA	
R1 - Início da formação de flores																
F(C)	12,8**	0,5ns	50,2**	92,0**	666,5**	191,1**	873,2**	2107,2**	3,1ns	25,2**	5,4*	385,0**	2,9ns	15,4**	78,3**	138,1**
F(R)	2,3ns	3,2ns	1,2ns	19,8**	1043,3**	849,4**	679,4**	4052,5**	2,8ns	30,8**	247,4**	811,4**	23,6**	89,8**	577,8**	123,6**
F(CxR)	0,5ns	0,1ns	0,4ns	2,9ns	43,8**	101,9**	403,2**	164,4**	3,3ns	13,8**	0,5ns	335,5**	2,7ns	5,5**	71,2**	134,3**
CV (%)	9,8	13,8	6,5	2,4	4,4	6	0,8	3,3	5,4	8,5	0,6	0,9	26,7	18,5	2,1	1,6
R2 - Formação de ginóforos																
F(C)	21,1**	1,1ns	18,8**	1,9ns	231,2**	348,7**	108,1*	79,5**	8,0**	0,8ns	1268,1**	1756,1**	14,9**	5,8*	17,5**	23,1**
F(R)	20,4**	13,0**	19,6**	40,4**	1107,3**	2691,8**	135,1**	56,9**	8,9**	4,2ns	42,1**	592,2**	280,9**	141,4**	123,3**	181,2**
F(CxR)	2,7ns	0,3ns	0,4ns	3,9**	174,1**	135,8**	26,1**	30,2**	6,9**	1,1ns	10,3**	41,8**	3,1ns	12,4**	13,4**	18,2**
CV (%)	6,4	5	1	3,8	4	5,1	6,1	6,7	2,7	4	0,5	0,4	13,5	6,4	5,8	4,5

F(C), cultivares; F(R), regime hídrico; CV, coeficiente de variação. * - significativo a 5% de probabilidade; ** - significativo a 1% de probabilidade; ns - não significativo. HP - altura da haste principal (cm); CRP - comprimento do ramo primário mais desenvolvido (cm); DHP - diâmetro da haste principal (mm); DRS - diâmetro do ramo secundário (mm); NRP - número de ramos primários; NN - números de nós; NFHP - número de folhas da haste principal; CEN - comprimento dos entrenós (cm); SPADF - conteúdo de clorofila na folha; SPADP - conteúdo de clorofila na planta; A - fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); E - transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); F - fluorescência; Ψ_w , -potencial hídrico foliar (MPa); Tf - temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$); MSPA - massa seca da parte aérea (g).

Na Figura 4, observa-se diferença significativa entre os tratamentos sem e com restrição hídrica para HP e CRP. Para HP, verificou-se que a restrição hídrica reduziu o crescimento das plantas, independentemente da cultivar e do período de restrição hídrica. No estágio R1 e R2, as plantas sem restrição hídrica apresentaram altura média de 11,33 cm (R1) e 20,39 cm (R2), enquanto as plantas com restrição hídrica apresentaram 9,33 cm (R1) e 18,00 cm (R2) (Figuras 4A e 4B). Entre as cultivares, a IAC Sempre Verde foi a que apresentou maior altura das plantas, chegando a 23,67 cm, quando as plantas estavam sem restrição hídrica (Figura 4B).

Para CRP (Figuras 4C e 4D), constatou-se respostas semelhantes à HP. O desenvolvimento dessa estrutura vegetativa foi afetado pela restrição hídrica nos dois estádios reprodutivos. No estágio R1, as reduções médias no desenvolvimento dos ramos chegaram a 20,0% (Figura 4C), enquanto, no estágio R2, as reduções foram de 13,5% (Figura 4D).

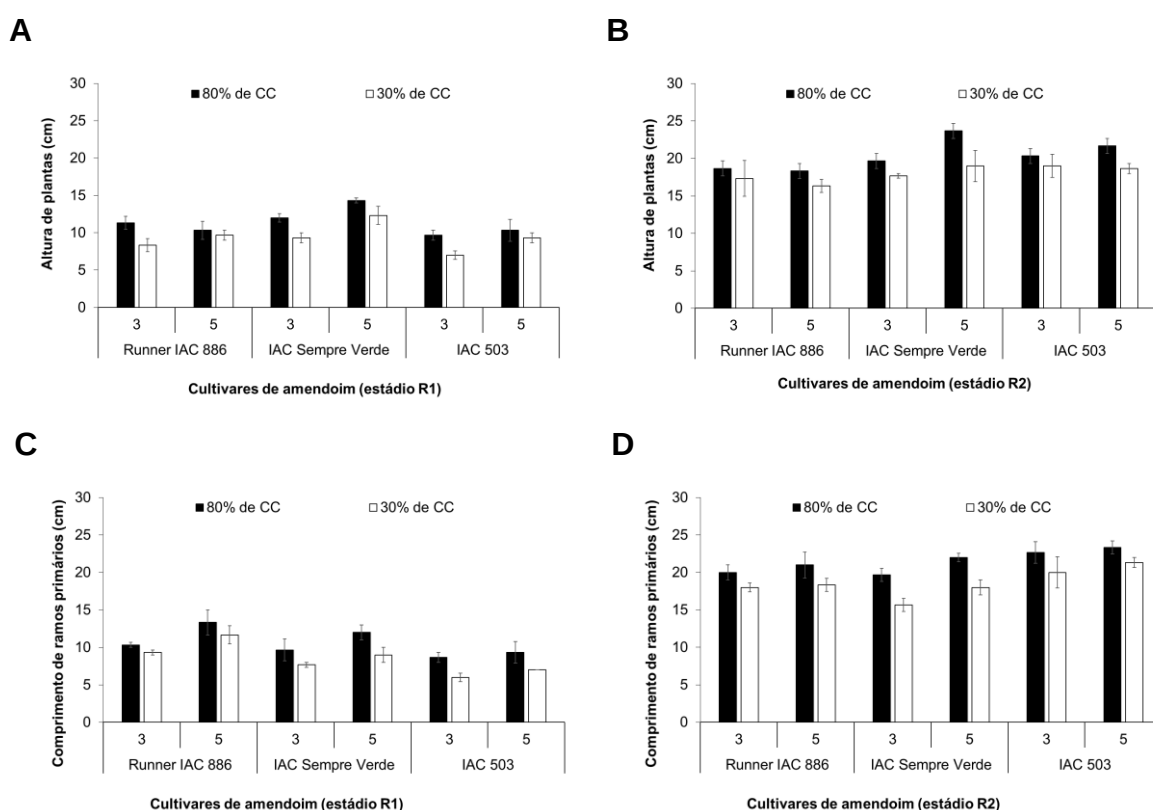


Figura 4 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente à altura das plantas e ao comprimento dos ramos primários mais desenvolvidos.

Para DHP, verificou-se que, no estágio R1, não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos a 3 e 5 dias para a cultivar IAC Runner 886, mas, no estágio R2, as plantas submetidas a 5 dias de restrição hídrica apresentaram reduções de 14% no seu desenvolvimento, quando comparadas às do tratamento sem restrição hídrica. Para a cultivar IAC Sempre Verde, houve redução significativa apenas no estágio R1, quando as plantas foram submetidas a 3 dias de restrição hídrica, causando redução de 12% no DHP em relação às plantas hidratadas. Para a cultivar IAC 503, as restrições hídricas durante 3 dias não causaram reduções no DHP nos dois estádios reprodutivos. Entretanto, quando as plantas ficaram expostas a 5 dias de restrição hídrica, o diâmetro foi reduzido, chegando a 33%, em comparação às plantas sem restrição no estágio R2 (Figuras 5A e 5B).

Para DRS, em quase todas as cultivares, não foram identificadas diferenças significativas entre os regimes hídricos, nos dois estádios reprodutivos, exceto para a cultivar IAC Runner 886, que apresentou redução de 26% no DRS sob 5 dias de restrição hídrica no estágio R2 (Figuras 5C e 5D).

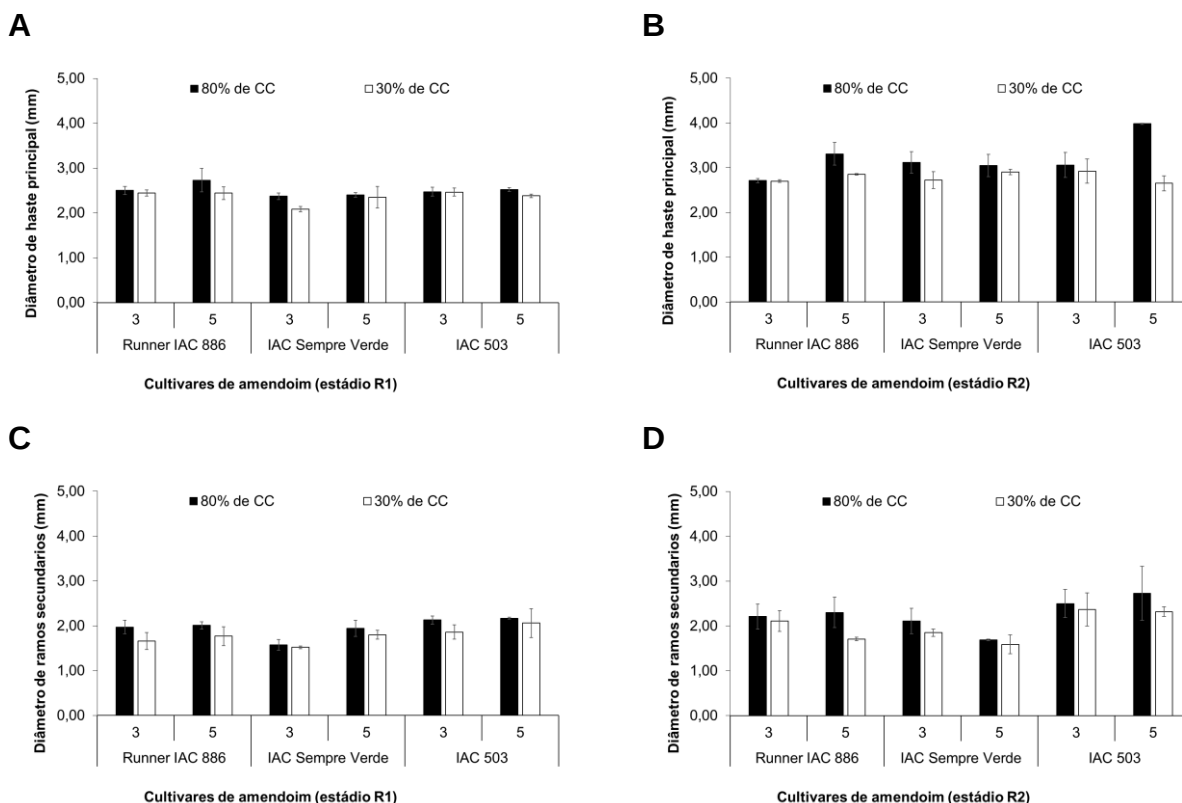


Figura 5 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente aos diâmetros dos ramos primários e diâmetros dos ramos secundários.

Para o NRP, observou-se diferença entre os níveis hídricos apenas para a cultivar IAC Runner 886 nos dois estádios reprodutivos. A restrição hídrica de 5 dias reduziu o NRP em 23% no estágio R1 e em 17% no R2 (Figuras 6A e 6B).

Para NN, a restrição hídrica proporcionou reduções significativas para as cultivares IAC Runner 886 e IAC Sempre Verde, sob 3 e 5 dias de restrição hídrica em ambos estádios reprodutivos (R1 e R2). Para a cultivar IAC 503, não foram constatadas reduções significativas (Figuras 6C e 6D).

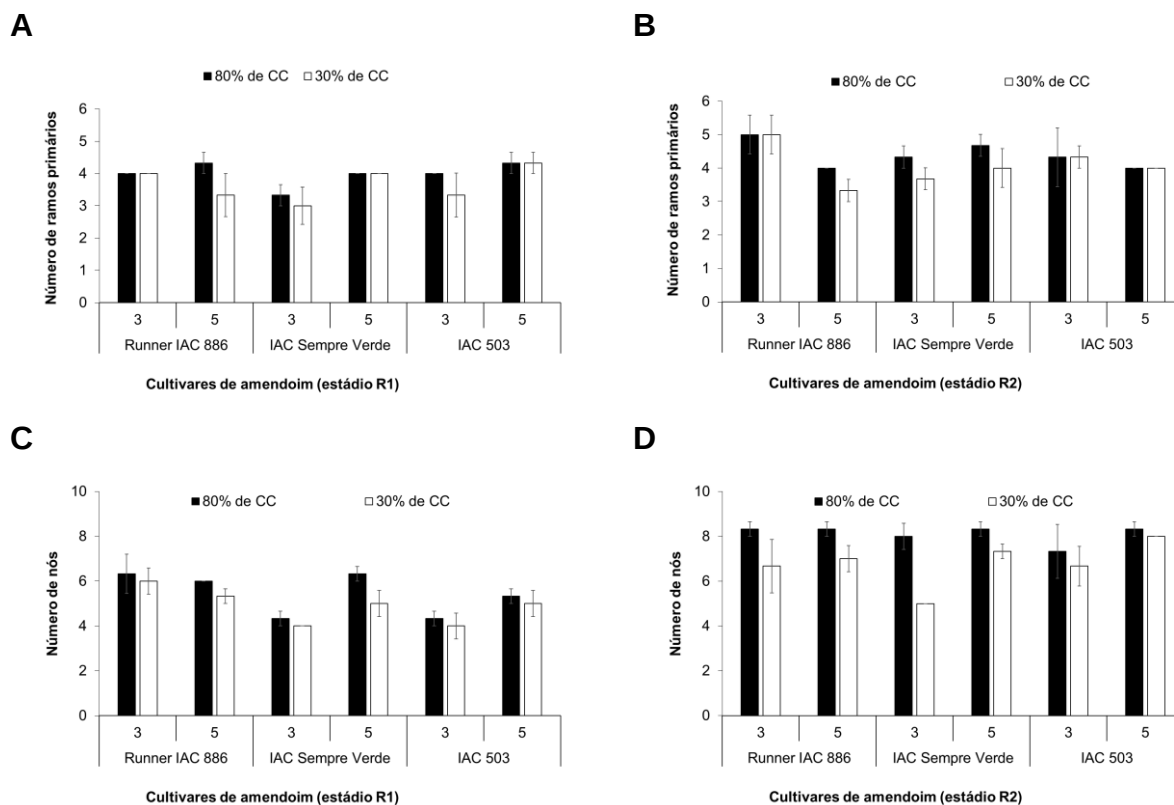


Figura 6 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente ao número de ramos primários e ao número de nós

A restrição hídrica durante 3 dias causou redução em CEN da cultivar IAC 503, no estágio R1 e da cultivar IAC Sempre Verde no estágio R2 (Figuras 7A e 7B). Resposta semelhante foi constatada para NFHP. Porém, apenas a cultivar IAC Sempre Verde obteve valor reduzido durante 3 dias de restrição (R1) e 3 e 5 dias de restrição (R2) (Figuras 7C e 7D).

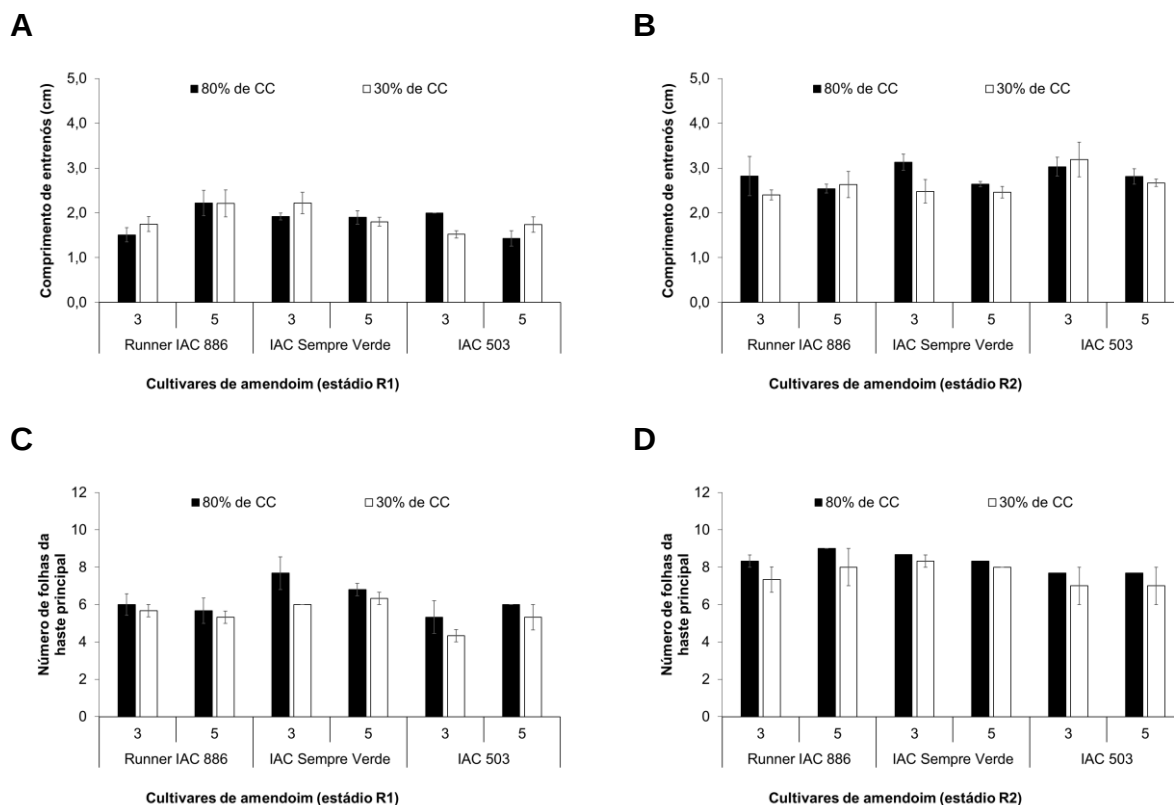


Figura 7 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente ao comprimento de entrenós e ao número de folhas da haste principal.

Para os teores de clorofila SPADF e SPADP, observaram-se reduções quando as plantas foram submetidas à restrição hídrica.

Para as cultivares IAC Runner 886 e IAC Sempre Verde, verificou-se que, no estágio R1, as plantas apresentaram reduções significativas em SPADF, principalmente sob 3 e 5 dias de restrição hídrica para a IAC Runner 886 e sob 3 dias para IAC Sempre Verde. No estágio R1, a cultivar IAC 503 não apresentou diferenças quando comparada com o tratamento sem restrição hídrica (Figura 8A). No estágio R2, todas as cultivares foram afetadas pela restrição hídrica, com SPADF da IAC Runner 886 e da IAC Sempre Verde reduzidas aos 3 e 5 dias, enquanto, para a IAC 503, a redução ocorreu apenas quando as plantas estavam com 5 dias de restrição hídrica (Figura 8B).

Para SPADP, observou-se que, no estágio R1, a cultivar IAC Runner 886 e a IAC Sempre Verde, submetidas a 5 dias de restrição hídrica, apresentaram reduções

significativas quando comparadas com as plantas hidratadas (Figura 8C). No estágio R2, o efeito da restrição hídrica foi mais acentuado, proporcionando reduções em SPADP de todas as cultivares submetidas a 3 e 5 dias de restrição hídrica (Figura 8D).

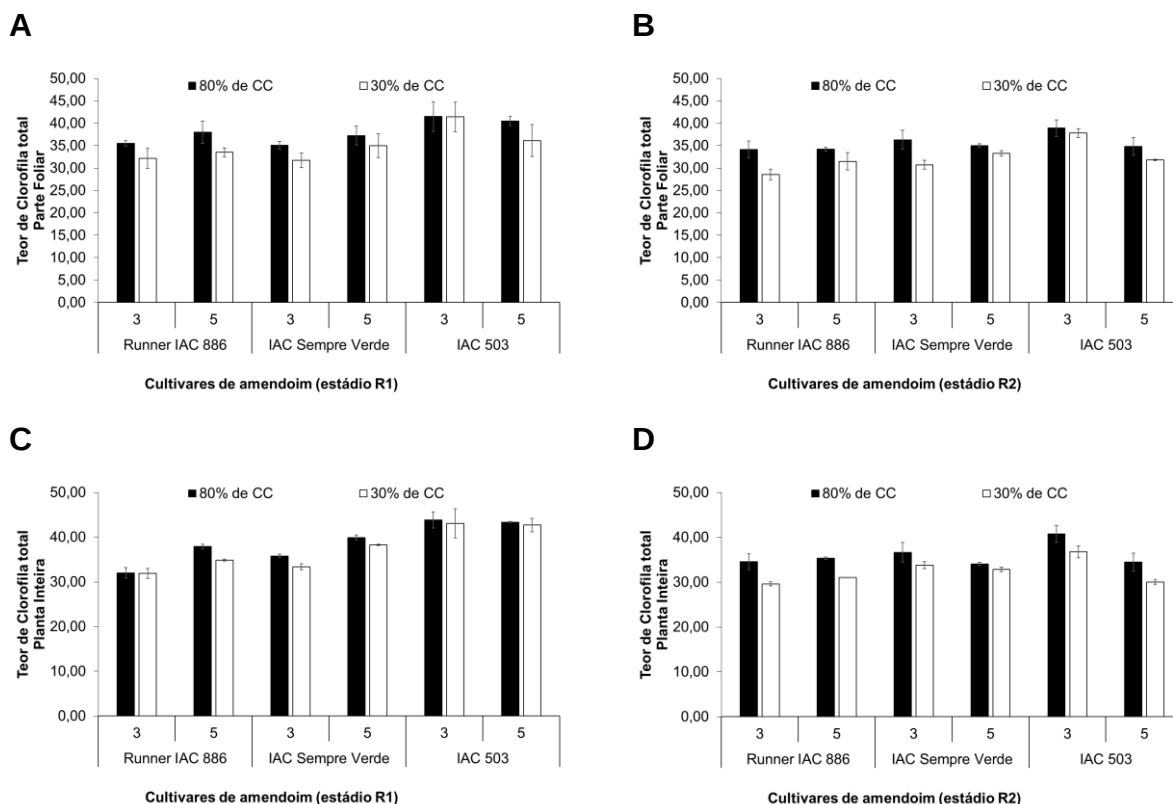


Figura 8 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente ao teor de clorofila total nas folhas e na planta.

O índice A foi reduzido nos tratamentos sob restrição hídrica de 3 e 5 dias, nos dois estádios reprodutivos. Para a cultivar IAC Runner 886, as reduções, quando comparadas ao tratamento sem restrição hídrica, foram de 52% e 36% no estágio R1 e de 23% e 60% no estágio R2. Para a cultivar IAC Sempre Verde, as reduções foram de 50% e 44% no estágio R1 e de 67% e 87% no estágio R2. Para a IAC 503, as reduções foram de 38% e 67% (R1) e de 32% e 63% (R2) (Figuras 9A e 9B).

Para E, também foram constatadas reduções significativas, quando as plantas foram submetidas à restrição hídrica. Para a cultivar IAC Runner 886, no estágio R1,

constatou-se reduções de 7% e 63%, com as plantas sob 3 e 5 dias de restrição hídrica, respectivamente. No estágio R2, as plantas apresentaram maior tolerância, não apresentando diferença significativa, em relação ao tratamento sem restrição hídrica. Para a cultivar Sempre Verde, as plantas no estágio R1, submetidas a 3 dias de restrição, não apresentaram reduções significativas, mas sob 5 dias de estresse, houve redução de 55%. No estágio R2, 3 e 5 dias de restrição causaram reduções de 33% e 27%. Para a cultivar IAC 503, no estágio R1, houve reduções de 19%, com 3 dias de restrição, e de 74%, com 5 dias de restrição, enquanto, no estágio R2, as reduções foram de 30% com 3 e 5 dias de restrição hídrica (Figuras 9C e 9D).

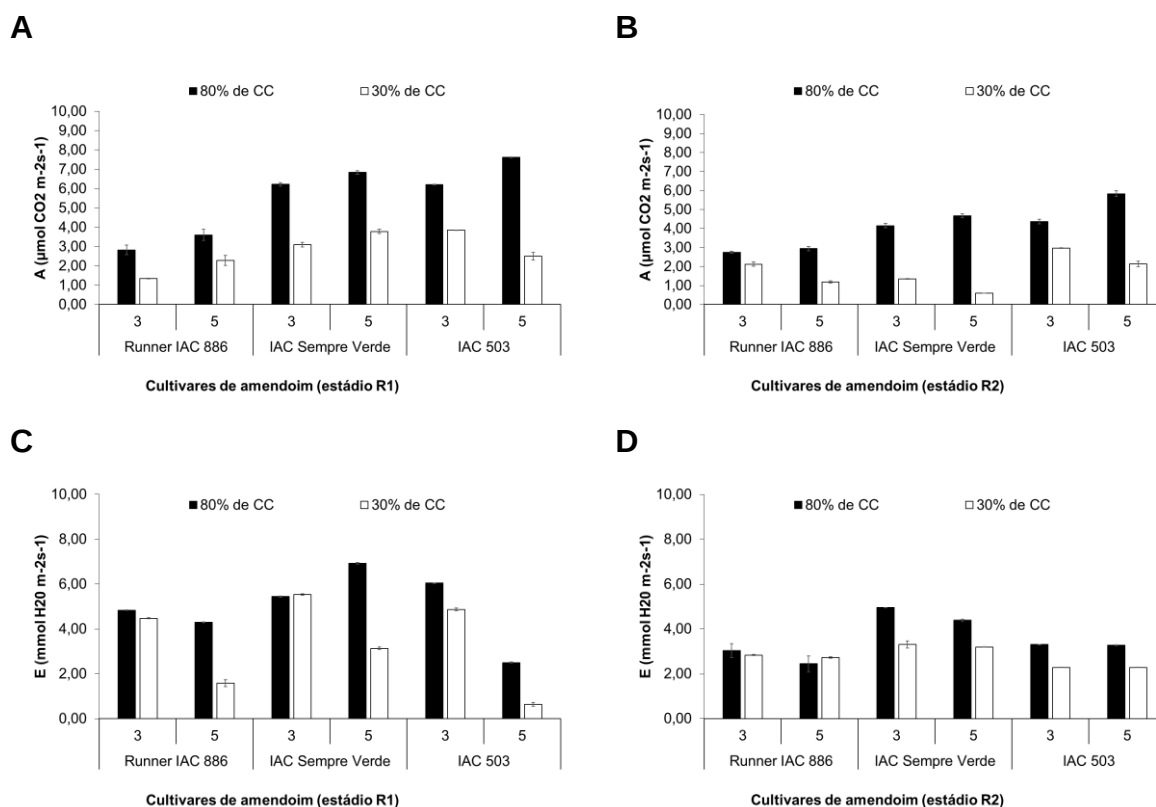


Figura 9 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente à fotossíntese (A) e a transpiração (E).

Para F (Figuras 10A e 10B), observou-se que a cultivar IAC Runner 886 foi mais suscetível quando as plantas foram submetidas a 3 e 5 dias de restrição hídrica, independentemente do estágio reprodutivo. Para IAC Sempre Verde e IAC 503, a restrição hídrica durante 5 dias proporcionou menores valores de F no estágio R1, quando comparado com o tratamento sem restrição hídrica. Para IAC Sempre Verde, a redução nos valores foi de 42% em relação ao tratamento hidratado. No estágio R2, IAC Sempre Verde e IAC 503 não apresentaram diferenças entre os tratamentos com e sem restrição hídrica, mesmo com a cultivar IAC Sempre Verde tendo apresentado menores valores no estágio R1.

O índice Tf das cultivares de amendoim IAC Runner 886, IAC Sempre Verde e IAC 503 apresentou maior valor nas plantas sob restrição hídrica de 3 e 5 dias quando comparados às plantas sem restrição hídrica, independentemente do estágio reprodutivo das plantas (Figuras 10C e 10D).

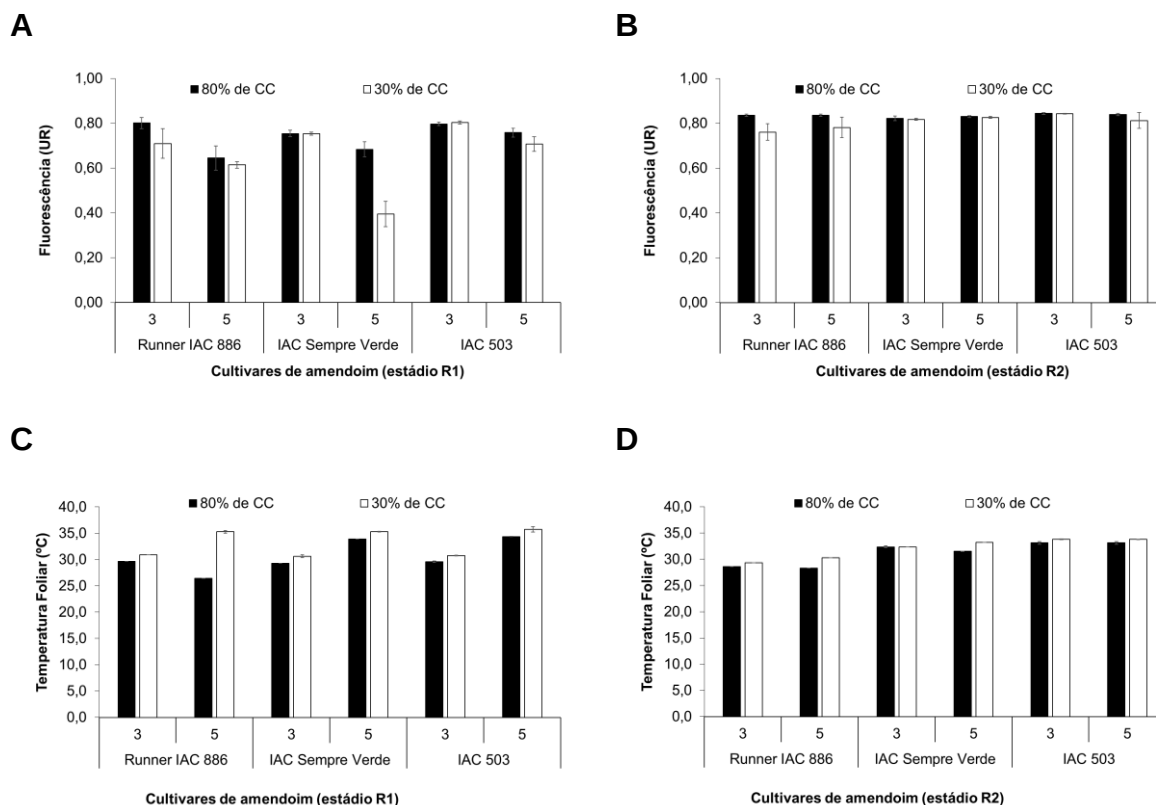


Figura 10 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente à fluorescência (F) e a temperatura foliar.

Para as avaliações de Ψ_w , verificou-se que todas as cultivares sob restrição hídrica de 3 e 5 dias apresentaram os menores valores, quando comparado com as plantas hidratadas, independentemente do estágio reprodutivo (Figuras 11A e 11B). A MSPA das plantas também foi afetada significativamente sob restrição hídrica de 3 e 5 dias nos dois estádios reprodutivos (Figuras 11C e 11D).

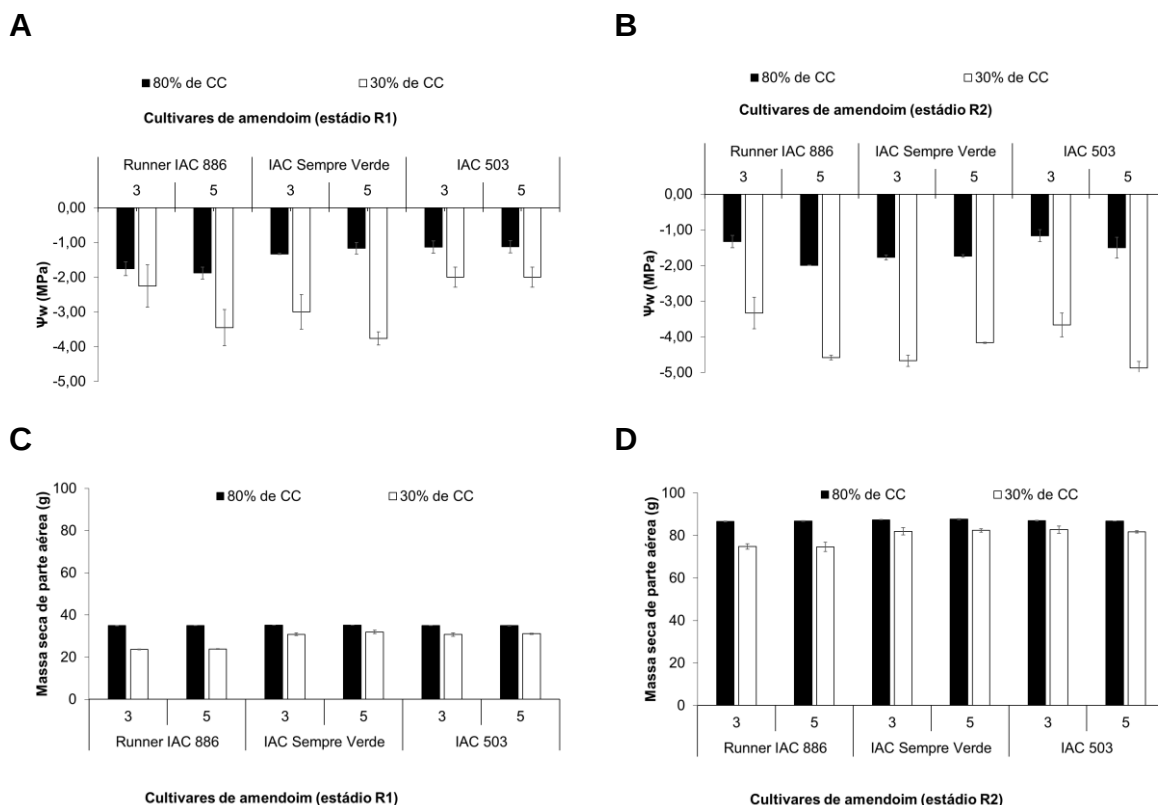


Figura 11 - Crescimento das cultivares de amendoim submetidas a dois regimes hídricos frente ao potencial hídrico (Ψ_w) e massa seca da parte aérea.

Diante do exposto, foi realizada uma análise de componentes principais (ACP), visando reduzir o número de variáveis da matriz original dos dados envolvidos no modelamento feito preliminarmente (Figura 12). Na ACP, como a matriz utilizada foi a de correlação, os componentes retidos foram aqueles que apresentaram os autovalores maiores que 1,0, conforme mencionado por Silveira, Vieira e Righi (2018). Foram selecionados três componentes principais, com valores correspondentes a 4,50, 3,75 e 2,40, no estágio R1 (Figura 12A) e 6,00, 2,50 e 1,90, no estágio R2 (Figura 12B). Segundo Barros et al. (2018), os valores dos componentes principais são baseados na variância acumulada a aproximadamente 70%. No presente estudo, os três primeiros componentes somaram 73,66% da variância dos dados originais no estágio R1 e 72,64% da variância no estágio R2, podendo, assim, ser utilizados para constatar semelhanças e diferenças no conjunto amostral (Figura 12).

Visando determinar o grau de importância dos parâmetros avaliados, foi realizada a ACP baseando-se nos dois primeiros fatores. No estágio R1, a Tf e F foram mais próximas de zero, por isso foram consideradas como os parâmetros menos representativos na seleção das cultivares. Para os demais parâmetros avaliados, verificou-se separação entre a A, E, HP, CRP, NRP, NFHP e MSPA (mais positivos em relação ao fator 2) dos parâmetros DHP, DRS, SPADF, SPADP, F (mais negativos quanto ao fator 2) (Figura 13A). No estágio R2, o NRP foi o mais próximo de zero, sendo o menos representativo na seleção das cultivares. Neste estágio, a separação entre as variáveis foi similar ao observado no estágio R1, entretanto, a A, F e Tf foram associadas aos valores mais negativos no fator 2 (Figura 13B).

De modo geral, todas as variáveis foram negativas quanto ao fator 1, em ambos os estádios reprodutivos (R1 e R2), evidenciando as diferenças entre os tratamentos com e sem restrição hídrica. Os tratamentos sem restrição hídrica (em azul) estão diretamente associados aos parâmetros avaliados, sofrendo as menores perdas no crescimento, no desenvolvimento e nas atividades fisiológicas, enquanto as plantas sob restrição hídrica (em vermelho) apresentaram respostas opostas, indicando maiores perdas durante o crescimento e desenvolvimento das plantas. Entre as cultivares, a IAC 503 sob 5 e 3 dias de restrição hídrica, nos estádios R1 e R2, respectivamente, apresentou as menores perdas no crescimento e desenvolvimento das plantas, enquadrando-se no mesmo eixo das cultivares sem restrição hídrica (Figura 13).

Além da ACP, por meio das características avaliadas, realizou-se a análise de agrupamento pelo método Ward, por meio da distância euclidiana, visando selecionar a(s) cultivar(es) com maior tolerância (Figura 14).

Para o estágio R1, cuja distância euclidiana foi relativa a seis, foram observados três grandes grupos. O primeiro grupo foi composto pela cultivar IAC 503, tanto as plantas sem quanto com restrição hídrica, demonstrando, assim, respostas semelhantes, mesmo quando as plantas foram submetidas a 3 e 5 dias de restrição hídrica, indicando maior tolerância à restrição hídrica. O segundo e o terceiro grupos foram constituídos pelas cultivares IAC Runner 886 e IAC Sempre Verde (In 322). No segundo grupo, as cultivares IAC Runner 886 e IAC Sempre Verde (In 322) foram

semelhantes sob restrição hídrica (3 e 5 dias) e no terceiro grupo as cultivares foram semelhantes sem sofrer restrição hídrica, demonstrando diferenças entre as plantas com e sem restrição hídrica (Figura 14A).

No estágio R2, considerando a distância euclidiana relativa a seis, foram observados quatro grandes grupos. O primeiro grupo foi formado pelas cultivares IAC Sempre Verde, IAC Runner 886 sob 3 e 5 dias de restrição hídrica e também pela cultivar IAC 503 sob 5 dias de restrição hídrica. O segundo grupo foi composto pela cultivar IAC 503 sem restrição hídrica e sob 3 dias de restrição, indicando que esta cultivar pode ser mais compatível a ambientes com períodos de estiagem durante esse estágio, quando comparada às demais cultivares avaliadas. Os grupos 3 e 4 foram constituídos pelas cultivares IAC Sempre Verde (In 322) e IAC Runner 886 sem restrição hídrica, respectivamente (Figura 14B).

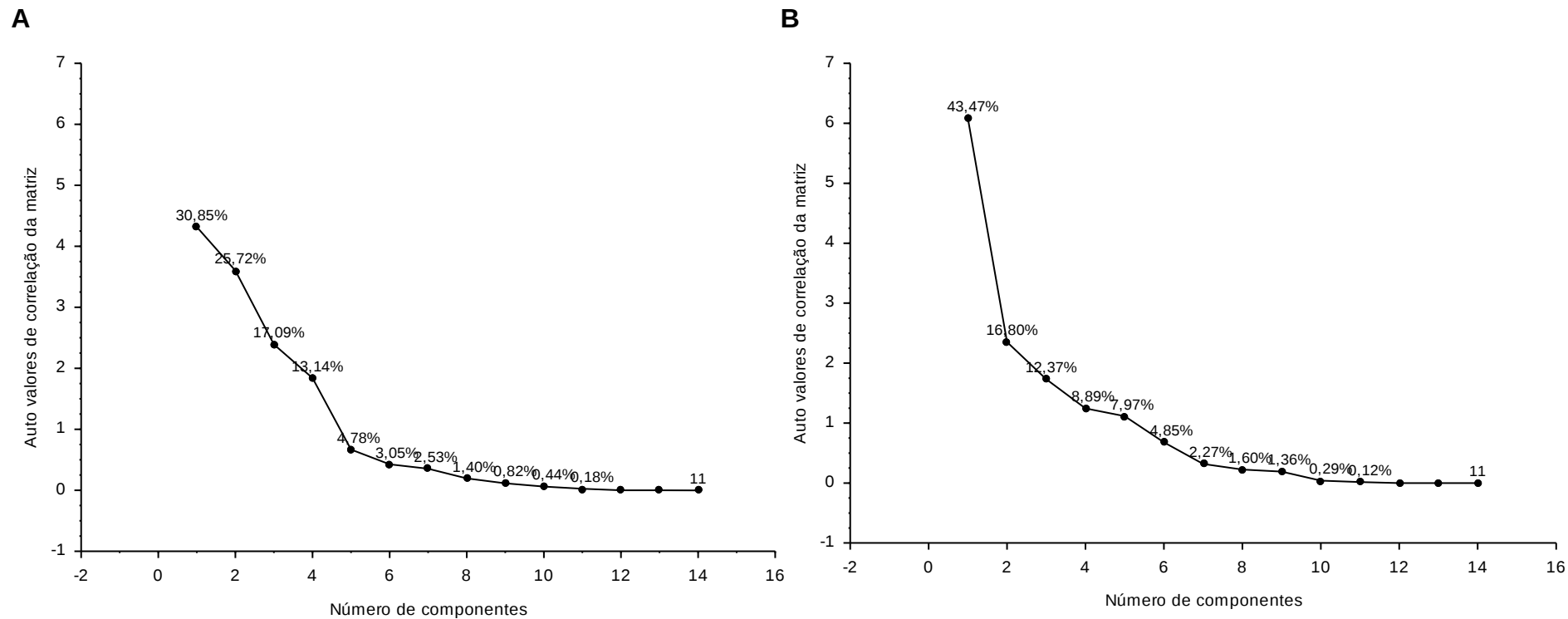


Figura 12 – Valores de correlação entre as variáveis analisadas no experimento em relação a cada cultivar e regime hídrico, para o regime hídrico nos estádios R1 (A) e R2 (B).

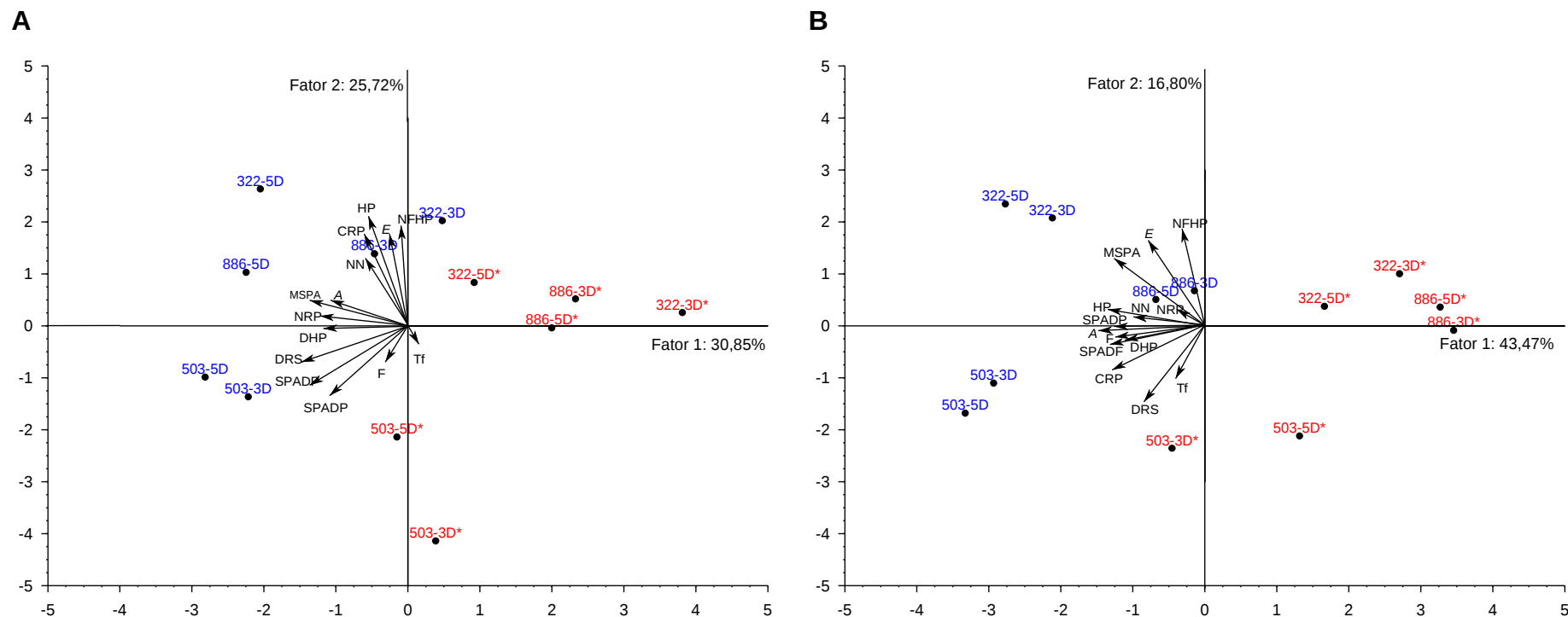


Figura 13 – Importância de cultivares e características analisadas no experimento frente aos fatores de variância, em função do regime hídrico nos estádios R1 (A) e R2 (B). Cultivares em vermelho: submetidas à restrição hídrica; Cultivares em azul: sem restrição hídrica; HP - altura da haste principal (cm); CRP - comprimento do ramo primário mais desenvolvido (cm); DHP - diâmetro da haste principal (mm); DRS - diâmetro do ramo secundário (mm); NRP - número de ramos primários; NN - números de nós; NFHP - número de folhas da haste principal; SPADP - conteúdo de clorofila na planta; SPADF - conteúdo de clorofila na folha; A - fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$); E - transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$); F - fluorescência; Tf - temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$); MSPA - massa seca da parte aérea (g).

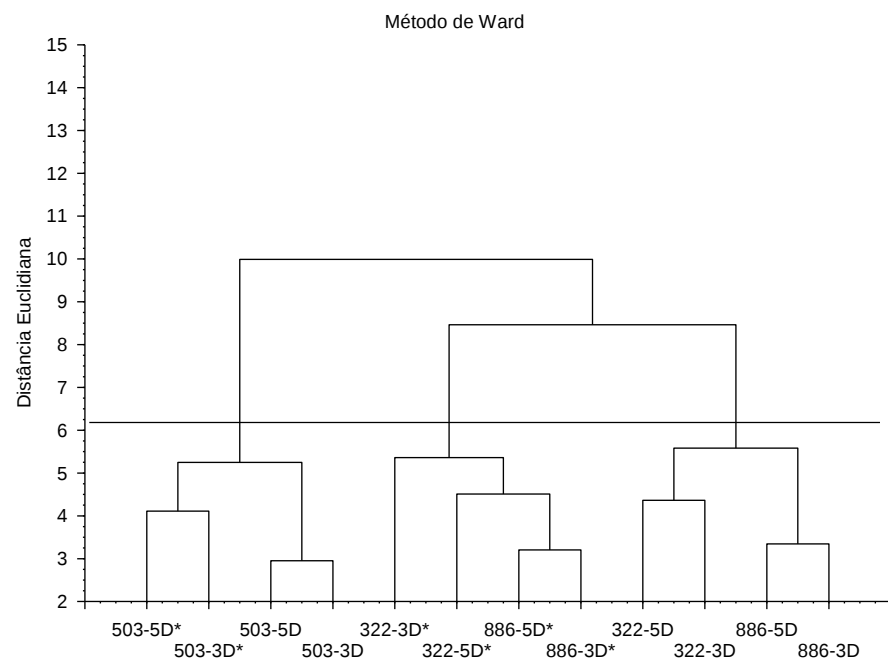
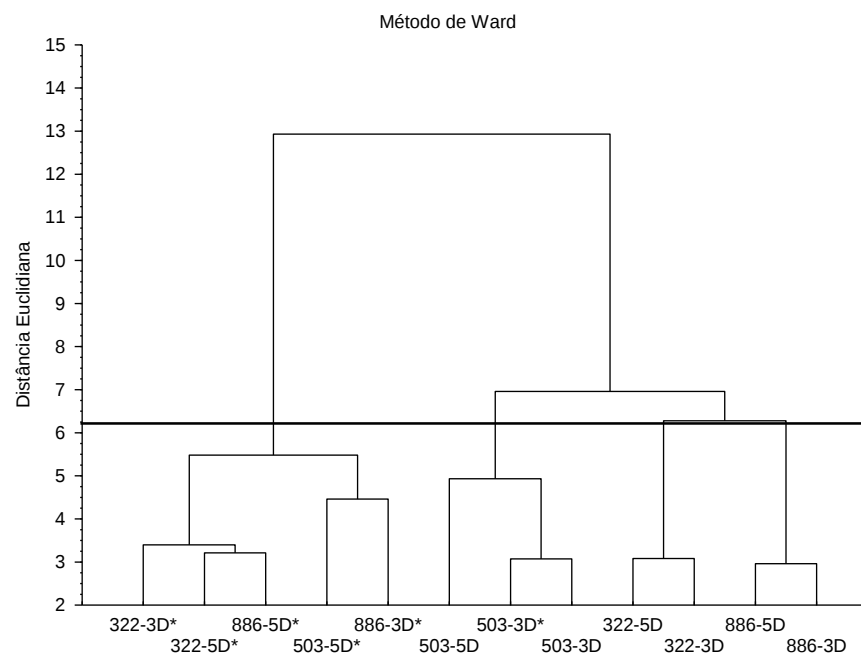
A**B**

Figura 14 - Análise de agrupamento pelo método de Ward aplicado às cultivares e à restrição hídrica frente aos estádios R1 (A) e R2 (B). *Cultivares com deficiência hídrica.

Experimento 2 – Caixas (condições semicontroladas)

A análise de variância (Tabela 3) mostra que houve interação significativa dos fatores de cultura (C), regimes hídricos (R) e reguladores de crescimento (RG), além de interação dupla para o fator CxR e tripla para o fator CxRxRG (apenas produtividade).

Para o número de vagens, entre as cultivares, verificou-se que a IAC 503 apresentou maior valor, diferindo estatisticamente da cultivar IAC Sempre Verde. Sob restrição hídrica, observou-se 25% de redução no número de vagens do amendoim em relação ao tratamento sem restrição hídrica. O uso do regulador de crescimento (etil-trinexapac) proporcionou maior número de vagens, chegando a 18% de aumento, em comparação ao tratamento sem etil-trinexapac (Tabela 3).

Para a produtividade, observou-se que a IAC Sempre Verde foi a que apresentou menor produção ($4341,94 \text{ kg ha}^{-1}$). Entre os regimes hídricos, verificou-se que, sem restrição hídrica, houve maior produtividade de vagens, 16% maior em comparação com as plantas sob restrição hídrica. O uso do regulador de crescimento também proporcionou maior produção, de cerca de 3%.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância dos dados obtidos pelo teste F ($p < 0,05$) para o número de vagens e produtividade do amendoim frente aos fatores de cultivares (C), regime hídrico (R) e uso de regulador de crescimento (RG).

Cultivares (C)	Nº de vagens	Produtividade (kg ha ⁻¹)
IAC Runner 886	77,31 ab	4575,44 a
IAC Sempre Verde	72,00 b	4341,94 b
IAC 503	81,75 a	4416,19 ab
Regime hídrico (R)		
Sem restrição	88,25 a	4834,79 a
Com restrição	65,79 b	4054,25 b
Regulador de crescimento (RG)		
Com	84,62 a	4520,42 a
Sem	69,41 b	4368,63 b
F(C)	3,98*	4,83*
F(R)	63,23**	155,00**
F(RG)	28,99**	5,86*
F(CxR)	9,58**	9,24**
F(CxRG)	0,38ns	0,51ns
F(RxRG)	0,01ns	0,68ns
F(CxRxRG)	2,00ns	5,35**
C.V. (%)	12,7	4,89

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si nas colunas segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo; * - significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ** - significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Analisando a interação entre os fatores cultivares *versus* regimes hídricos, verificou-se que não há diferença significativa para o número de vagens no fator sem restrição hídrica. Contudo, quando as plantas estavam com restrição hídrica, a cultivar IAC Runner 886 foi mais sensível ao estresse causado. Comparando o efeito do regime hídrico, observou-se que a cultivar IAC 503 foi mais tolerante à restrição hídrica, não apresentando diferença significativa. As cultivares IAC Runner 886 e a IAC Sempre Verde foram mais sensíveis e apresentaram reduções de 41% e 25%, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4 – Desdobramento da interação entre as cultivares *versus* regime hídrico para o número de vagens de amendoim.

Cultivares	Regime hídrico		F
	Sem restrição	Com restrição	
IAC Runner 886	91,00 Aa	53,00 Bb	60,34**
IAC Sempre Verde	88,13 Aa	66,50 Ab	19,54**
IAC 503	85,63 Aa	77,88 Aa	2,51ns
F	0,60ns	12,96**	

Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas nas colunas e minúsculas entre as linhas. ns – não significativo; ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Para a produtividade de vagens (kg ha^{-1}), entre as cultivares, a IAC Runner 886 apresentou maior potencial produtivo quando comparada às demais cultivares sem restrição hídrica. Sob restrição, não houve diferença entre as cultivares. Entretanto, comparando-se o efeito da deficiência hídrica para cada cultivar, verificou-se que todas as cultivares apresentaram menor produtividade para as plantas que foram submetidas a restrição hídrica: redução de 18% para a cultivar IAC Runner 886 e de 14% para as cultivares IAC Sempre Verde e IAC 503 (Tabela 5).

Tabela 5 – Desdobramento da interação entre as cultivares *versus* regime hídrico para a produtividade de vagens (kg ha^{-1}) de amendoim.

Cultivares	Regime hídrico		F
	Sem restrição	Com restrição	
IAC Runner 886	5144,13 Aa	4173,13 Ab	109,71**
IAC Sempre Verde	4701,00 Ba	4006,75 Ab	43,73**
IAC 503	4659,25 Ba	3982,88 Ab	20,04**
F	12,25**	1,82ns	

Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas nas colunas e minúsculas entre as linhas. ns – não significativo; ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Discussão

De acordo com Taiz et al. (2017), a água é necessária para o crescimento e desenvolvimento das plantas: a água é absorvida pelas raízes, sendo a maior absorção pelas partes em crescimento desta, passando para o xilema, que a transporta para todos os órgãos da planta, necessitando de uma pressão osmótica de maneira adequada para esse transporte. Com isso, Carrega et al. (2019a) mencionam que a falta de água no sistema conduz a: alteração das membranas celulares; fechamento estomático e diminuição da transpiração; redução na área foliar, na taxa de absorção de radiação e na taxa fotossintética.

Para Pimentel (2004), a tolerância à seca deve-se ao potencial de água letal da planta, indicando que $-3,5\text{MPa}$ é prejudicial para a cultura do amendoim. Porém, indica também que isso varia entre as espécies e que outros fatores, como altas temperaturas, radiação e baixos teores de nutrientes, também podem influenciar. Apesar de passar dos marcos expostos nesse experimento citado, não houve morte das plantas em questão desse fator, porém, uma redução significativa na sua produção de massa seca futuramente.

Arruda et al. (2015) afirmam que altura das plantas é diretamente relacionada à água, portanto, plantas com deficiência hídrica surgem com menor tamanho e, com isso, uma produção menor ocorrerá.

El-Metwally et al. (2020) afirmam que a deficiência hídrica afeta a eficiência no uso da luz, fotossíntese, além da quantidade de hormônios no sistema, ocasionando perdas na produtividade entre 33 e 50% durante os estádios reprodutivos e no enchimento de grãos. Fatores semelhantes são verificados neste estudo, com perdas em desenvolvimento de folhas e altura, implicando em sobrevivência da planta acima de produção generalizada dos grãos.

A alteração da temperatura foliar diminui a produção de vagens, em média, de 60 para 33, apesar de não haver uma queda na porcentagem de absorção de CO_2 , mas sim pela diminuição dos ginóforos (Ferrari Neto et al., 2012). Contudo, neste

experimento, como se trabalha com a falta de água, esse fato exerce grande influência, principalmente na fase mais jovem (R1), em que a temperatura foi maior devido à falta de água no sistema, diminuindo a passagem de água, portanto, acumulando a temperatura, incapacitando o processo fotossintético.

Como mencionado por Pereira et al. (2016), as plantas são afetadas de várias maneiras pela estação de seca: em nível celular, ocorre a redução do metabolismo; a permeabilidade das membranas e interação com solutos aumenta, causando a maior chance de perturbação de membranas, ocorrendo queda na fotossíntese. Isso se aplica ao estudo, dado que os índices são bem distintos em relação às plantas com disponibilidade hídrica, implicando diretamente na futura produtividade. Os autores ainda retratam que o amendoim semeado sob deficiência hídrica possui potencial hídrico muito menor, causando o fechamento dos estômatos, com isso reduzindo a troca de gases com o ambiente e a capacidade fotossintética de amendoins das cultivares BR1, LViPE-06, LBM-Branco e LBR-Branco.

O estudo realizado aqui, de maneira profunda, implica a necessidade de verificar as situações locais de plantio do amendoim e verificar, por meio de uma análise multivariada, quais as melhores cultivares para as condições específicas da área e os modos para reduzir os prejuízos durante a semeadura e o desenvolvimento das plantas.

As perdas generalizadas de 19%, 15% e 14% nas cultivares IAC Runner 886, IAC Sempre Verde e IAC 503, respectivamente, inclui os fatores apresentados durante o primeiro experimento em uma situação mais próxima da realidade, tratada durante o segundo experimento. Com isso, a informação meteorológica deverá ser consultada para permitir um melhor planejamento na condução da cultura, monitorando-se seu desenvolvimento e realizando adequações conforme se faça necessário.

Em cana-de-açúcar, o uso de Moddus® afeta o crescimento e desenvolvimento do estado vegetativo, reduzindo a produção de ácido giberélico, alargando as paredes celulares, aumentando a capacidade de acúmulo de açúcar e ainda impedindo a planta de florescer, com isso, maturando as plantas no talhão e melhorando a qualidade para a colheita (Silva e Segato, 2011). Fatores semelhantes acontecem no

seu uso para o sorgo-sacarino (Viana et al., 2017), aumentando a quantidade de açúcares no colmo. Porém, segundo Garcia (2014), esse produto é utilizado com bons resultados para a colheita do milho, sem resultados no florescimento, além de boa regulação em macieiras, laranjeiras e eucalipto, e, segundo Souza et al. (2018), em girassol, trigo, arroz, e crotalária, tornando-o uma boa escolha.

A aplicação de regulador de crescimento no amendoim já foi verificada em outros estudos (Carrega, 2013; Souza et al., 2018). Sendo assim, o uso desse regulador altera para bons resultados, sendo necessário verificar o volume de água existente no ambiente para o melhor uso do produto, sendo a seca prejudicial.

Conclusão

No início do florescimento (R1) e durante a formação dos ginóforos (R2), a cultivar IAC 503 é menos sensível à deficiência hídrica.

Sob restrição hídrica, podem ocorrer perdas na produção das cultivares IAC Runner 886, IAC Sempre Verde e IAC 503, chegando a 18% de redução.

O uso do Moddus® (Etil-trinexapac) pode ser uma ferramenta para atenuar os efeitos da deficiência hídrica e ainda proporcionar aumentos na produtividade do amendoim.

Referências

- ALI, F.; BANO, A.; FAZAL, A. (2017). Recent methods of drought stress tolerance in plants. **Plant Growth Regulation**. v. 82, p. 363-375.
- ALVES, G. M. R. (2013). **Variabilidade genotípica de amendoim submetido ao estresse hídrico baseada em descritores bioquímicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba.
- ANDERSON, N. P.; CHASTAIN, T. G.; GARBACIK, C. J.; SIBSTEIN, T. B. (2011). Effect of foliar applications of trinexapac-ethyl plant growth regulator on red clover seed crops. **Seed Production Report**. v. 23, p. 29-33.
- ARGHAVANI, M.; KAFI, M.; BABALAR, M.; NADERI, R.; HOQUE, M. A.; MURATA, Y. (2012). Improvement of salt tolerance in Kentucky bluegrass by trinexapac-ethyl. **HortScience**. v. 47, n. 8, p. 1163–1170.
- ARRUDA, I. M.; CIRINO, V. M.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. (2015). Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 45, n. 2, p. 146-154.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. (2011). **AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0**. Jaboticabal: FCAV/UNESP.
- BARROS, T. D. F. S.; RIOS, E. S. C.; MAIA, L. D. M.; DANTAS, R. L.; DE MELO SILVA, S. (2018). Qualidade de frutos de cultivares de mamão comercializados em supermercados de Campina Grande-PB. **Agropecuária Técnica**. v. 39, n. 2, p. 129-142.
- CARREGA, W. C. (2019). Introdução. In: Associação Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Jaboticabal (AREA) (Org.). **A cultura do amendoim e seus reflexos econômicos, sociais e técnicos**. 1. ed. Jaboticabal: CONFEA.
- CARREGA, W. C.; SANTOS, J. I.; CESARIN, A. E.; GALLARDO, G. J. T.; BACHA, A. L.; GODOY, I. J.; ALVES, P. L. C. A. (2019a). Respostas fisiológicas de genótipos de amendoim à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. v. 54, p. 119-133.
- CARREGA, W. C.; MARTINS, P. F. R. B.; BACHA, A. L.; CESARIN, A. E.; OLIVEIRA, T. S.; GODOY, I. J.; ALVES, P. L. C. A. (2019b). Physiological response of seeds of peanut genotypes to water deficiency. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, p. 741-751.
- CARREGA, W. C. (2017). **Deficiência hídrica em genótipos de amendoim**. 107 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CARREGA, W. C. (2013). **Utilização de reguladores para antecipação da colheita do amendoim rasteiro**. 39 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CORREIA, N. M., LEITE, G. J. (2012). Selectivity of the plant growth regulators trinexapac-ethyl and sulfometuron-methyl to cultivated species. **Scientia Agricola**. v. 69, n. 3, p.194-200.

DING, H.; ZHANG, Z.; KANG, T.; DAI, L.; CI, D., QIN, F.; SONG, W. (2017). Rooting traits of peanut genotypes differing in drought tolerance under drought stress. **International Journal of Plant Production**, v. 11, n. 3, p. 349-360.

ELANSARY, H. O., SALEM, M. Z. (2015). Morphological and physiological responses and drought resistance enhancement of ornamental shrubs by trinexapac-ethyl application. **Scientia Horticulturae**. v. 189, p. 1-11.

EL-METWALLY, I. M.; ABIDO, W. A. E.; SAADON, S. M.; GAD, S. B. (2020). The Integrated Effect of Deficit Irrigation and Weed Control Treatments on Peanut Productivity Under Sandy Soil Conditions with Reference to Nematode Infection. **Plant Archives**. v. 20, supplement 1, p. 2581-2593.

EVANS, J. R.; SANTIAGO, L. S. (2014). PrometheusWiki Gold Leaf Protocol: gas exchange using LI-COR 6400. **Functional Plant Biology**. v. 41, n. 3, p. 223-226.

FERRARI NETO, J.; COSTA, C. H. M.; CASTRO, G. S. A. (2012). Ecofisiologia do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 11, n. 4, p. 01-13.

GARCIA, R. A. F. (2014). **Utilização de reguladores para antecipação da colheita do milho**. 22 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

GODOY, I.J.; CARVALHO, C.L.; MARTINS, A.L.M.; BOLONHEZI, D.; FREITAS, R.S.; KASAI, F.S.; MORAIS, L.K. (2009). IAC 503 e IAC 505: cultivares de amendoim com a característica alto oleico. In: 5º congresso brasileiro de melhoramento de plantas. **Anais...** Guarapari: SBMP.

GRACIANO, E. S. A. (2009). **Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido à deficiência hídrica**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

HARO, R. J.; DARDANELLI, J. L.; OTEGUI, M. E.; COLLINO, D. J. (2008). 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.

HARO, R. J.; CARREGA, W. C. (2019). Efeitos do estresse hídrico na cultura do amendoim. In: SILVA, R. P.; SANTOS, A. F.; CARREGA, W. C. (Org.). **Avanços na produção de amendoim**. Jaboticabal: Funep. p. 55-66.

HOWELL, T. A.; MCFARLAND, M. J.; REDELL, D. L.; BROWN, K. W.; NEWTON, R. J.; DAHMEN, P. (1980). **Response of peanuts to irrigation management at different crop growth stages**. Texas Water Resources Institute. TR-113, v. II.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/index.php>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

INFOAMENDOIM. (2019). **IAC OL5 – Nova Cultivar de Amendoim Alto Oleico**. Disponível em: <<http://infoamendoim.com.br/site/wp-content/uploads/2019/08/IAC-OL5-Nova-cultivar-de-amendoim-Alto-Oleico.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

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

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1936). **Classificação climática de Köppen**. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica____o_Clim__tica_Koppen.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

LARCHER, W.; MORAES, J. P. A. V.; BAUER, H. (1981). Adaptive responses of leaf water potential, CO₂ gas exchange and water use efficiency of *Olea europaea* during drying and rewatering. In: MARGARIS, N.S.; MOONEY, H.A. (Eds.). **Components of productivity of Mediterranean-climate regions basic and applied aspects**. The Hague: Junk Publishers, p. 77-84.

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

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. (2000). Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4, n. 3, p. 465-473.

PEREIRA, J. W. L.; ALBUQUERQUE, M. B.; MELO FILHO, P. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, L. M.; SANTOS, R. C. (2016). Assessment of drought tolerance of peanut cultivars based on physiological and yield traits in a semiarid environment. **Agricultural Water Management**. v. 166, p. 70-76.

PEZZOPANE, J. R. M. (2009). Amendoim. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.) **Agrometeorologia dos Cultivos – O Fator Meteorológico na Produção Agrícola**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia. p. 54-62.

PIMENTEL, C. (2004). **A Relação da Planta com a Água**. Rio de Janeiro: Seropédica. 191 p.

SANTOS, R. C.; GODOY, I. J.; FAVERO, A. P. (2013). Melhoramento do Amendoim. In: SANTOS, R. C. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa. 585 p.

SILVA, R. F. S.; SEGATO, S. V. (2011). Importância do uso de reguladores vegetais na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**. v. 8, n. 2, p.35-46.

SILVEIRA, V. G. D.; VIEIRA, K. M.; RIGHI, M. B. (2018). Medindo liquidez através da análise fatorial de séries temporais. **Revista Brasileira de Finanças**, v. 16, n. 1, p. 157-177.

SONGSRI, P.; JOGLOY, S.; VORASOOT, N.; AKKASAENG, C.; PATANOTHAI, A.; HOLBROOK, C. C. (2008). Root distribution of drought-resistant peanut genotypes in response to drought. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, n. 2, p. 92-103.

SCHOLANDER, P. F.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A.; HAMMEL, H. T. (1965). Sap pressure in vascular plants. **Science**. v. 148, p. 339-346.

SOUZA, L. G. M.; PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J. W.; CAIONI, S. (2018). Regulador de Crescimento e Densidade Populacional na Cultura do Amendoim Rasteiro. **Nucleus**. v. 15, n. 2, p. 217-225.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. (2017). **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.

THANGTHONG, N.; JOGLOY, S.; JONGRUNGKLANG, N.; KVIEN, C. K.; PENSUK, V.; KESMALA, T.; VORASOOT, N. (2018). Root distribution patterns of peanut genotypes with different drought resistance levels under early-season drought stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 204, n. 2, p. 111-122.

VIANA, R. S.; MAY, A.; MATEUS, G. P.; RODRIGUES NETO, A. D.; LOPES, P. R. M. (2017). Aspectos tecnológicos de sorgo-sacarino submetido à aplicação de reguladores químicos. **Científica**. v. 45, n. 3, p. 204-213.

VORASOOT, N.; SOSNGRI, P.; AKKASAENG, C.; JOGLOYM S.; PATANOTHAI, A. (2003). Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. v. 25, n. 3, p. 283-288.

CAPÍTULO 3 – Respostas de cultivares de amendoim a períodos de deficiência hídrica durante a fase reprodutiva

Resumo - A deficiência hídrica é considerada um dos principais fatores limitantes para o rendimento do amendoim, podendo causar perdas superiores a 30% quando as plantas são expostas a ela por longos períodos. Diante disso, a busca por cultivares com maior capacidade para suportar a deficiência hídrica é de fundamental importância. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas de cinco cultivares de amendoim submetidas a períodos de deficiência hídrica durante a fase reprodutiva. O experimento foi realizado em delineamento de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 5x3x5 para os parâmetros morfológicos e 5x3 para os parâmetros produtivos. Os fatores morfológicos foram constituídos pelos tratamentos com cinco cultivares de amendoim rasteiro (IAC 503, IAC 505, IAC OL3, IAC OL4 e IAC OL5), três níveis hídricos (20%, 50% e 80% da capacidade de campo) e cinco períodos reprodutivos (R2, R3, R4, R5 e R8). Para os parâmetros produtivos, foram considerados as cultivares *versus* níveis hídricos. Os estresses se iniciaram a partir do estágio reprodutivo e, após três dias sob os níveis hídricos, as plantas foram reidratadas, causando assim períodos de estresse nas plantas com 20% e 50% da capacidade de campo, e os tratamentos com 80% mantiveram-se hidratadas durante toda a condução do experimento. Após a aplicação dos tratamentos, aos 53 (R2), 66 (R3), 76 (R4), 98 (R5) e 145 (R8) dias após a semeadura, determinou-se a altura das plantas, o comprimento dos ramos primários mais desenvolvidos e o número de ramos primários. Ao final do experimento, determinou-se a massa seca da parte aérea e das raízes, além da produtividade planta⁻¹ (g) das cultivares. Com base nos resultados, verificou-se que há variabilidade entre as cultivares e entre os níveis hídricos para os materiais estudados. A IAC 503 apresentou maior crescimento e desenvolvimento, sem redução na produtividade, em decorrência dos níveis hídricos. A cultivar IAC OL5 foi a mais sensível, sendo afetada negativamente pelos níveis hídricos. Concluiu-se que a deficiência hídrica durante o período reprodutivo pode causar perdas que variam entre 17% e 32% no rendimento do amendoim e que as cultivares IAC OL4 e IAC 503 são tolerantes ao estresse hídrico durante o período reprodutivo.

Palavras-chave: Água, *Arachis hypogaea* L., estresse abiótico, irrigação, produtividade.

Peanut cultivars response to water deficient periods during reproductive stages

Abstract - Water deficiency is considered one of the main limiting factors for peanut yield, which may cause losses of more than 30% when plants are exposed to long periods of water deficiency. Therefore, the search for cultivars with higher capacity to withstand water deficiency is of fundamental importance. Therefore, the aim of this study was to evaluate the responses of five peanut cultivars subjected to drought periods during the reproductive phase. The experiment was carried out in a completely randomized block design in a factorial scheme of 5x3x5 for the morphological parameters and 5x3 for the productive parameters. The morphological factors were constituted by treatments with five cultivars of runner peanuts (IAC 503, IAC 505, IAC OL3, IAC OL4 and IAC OL5) three water levels (20%, 50% and 80% of the field capacity) and five periods (R2, R3, R4, R5 and R8). The stresses started from the reproductive phase and after three days under the water levels established the plants were rehydrated, causing periods of stress in the plants with 20% and 50% of the field capacity, and treatments with 80% remained hydrated throughout the experiment. After treatment application, 53 (R2), 66 (R3), 76 (R4), 98 (R5) and 145 (R8) days after sowing were determined the height of the plants, the length of the most developed primary branches and the number of primary branches. At the end of the experiment (145 DAS), the aerial parts and root dry masses and yield plant⁻¹ (g) of the peanut cultivars were determined. Based on the results, there was a variability between the cultivars and water levels for the studied materials. Among the cultivars, IAC 503 showed higher growth and development, without reducing productivity due to water levels. However, the cultivar IAC OL5 was the most sensitive, being negatively affected by the water levels. It was concluded that the water deficiency during the reproductive period may cause losses varying between 17% and 32% of peanut yield and that cultivars IAC 503 and IAC OL4 are more tolerant to water stress during the reproductive period.

Keywords: Hydric conditions, *Arachis hypogaea* L., abiotic stress, irrigation, productivity.

Introdução

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é considerado mundialmente a quarta principal cultura oleaginosa mundial (United States Department of Agriculture, USDA, 2019), garantindo matéria-prima para a produção de biodiesel (Pinho e Suarez, 2017), para a indústria de confeitaria e alimentação animal (Rodrigues et al., 2016), gerando anualmente milhares de empregos.

Em âmbito nacional, nos últimos 15 anos, a produção de amendoim cresceu cerca de 62% (Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB, 2019), gerando receita superior a R\$ 1 bilhão. Este crescimento está relacionado ao constante melhoramento genético, à inclusão de cultivares rasteiras, a mudanças no sistema de semeadura, às inovações tecnológicas e a inserção do amendoim em áreas de reforma de canaviais. Entretanto, existem diversos fatores bióticos e abióticos que podem comprometer o rendimento do amendoim. Entre eles, a água é considerada um fator limitante para produção agrícola em nível global (Dhakar et al., 2018), sendo a deficiência hídrica uma das principais causas de perdas no rendimento da cultura do amendoim (Jain et al., 2018).

Essas perdas estão diretamente relacionadas à quantidade de água disponível no perfil do solo. Segundo Dhakar et al. (2018), as culturas se encontram em deficiência hídrica quando a demanda por água não é suprida pela oferta disponível no solo, seja pela chuva ou irrigação. Para Haro et al. (2011), a deficiência hídrica pode formar uma barreira física no solo, impedindo a penetração dos ginóforos e interferindo no desenvolvimento das estruturas reprodutivas. Além disso, Cerioni (2003) menciona que a quantidade de água no solo modifica o estado hídrico das plantas. Segundo Pereira et al. (2016), dependendo da intensidade da deficiência hídrica, há alterações em processos fisiológicos, como o fechamento estomático, que reduz a transpiração, influenciando negativamente na taxa de absorção de CO₂ pelas folhas para realização da fotossíntese e, como consequência, ocorre redução na área foliar (Haro et al., 2008), na taxa de crescimento (Boote e Ketring, 1990), na produção de matéria seca

(Giambastini, 1998), e na produtividade do amendoim (Jain et al., 2018; Haro et al., 2011; Haro et al. 2008).

De acordo com Akram et al. (2018), uma parte significativa do cultivo global de amendoim ocorre em áreas com escassez de água. Nessas condições, podem ocorrer perdas no rendimento do amendoim que variam entre 25 e 30% (Pereira et al., 2016), mas em áreas com períodos prolongados e dependendo da intensidade da seca, essas perdas podem ser superiores a 30% (Haro; Carrega, 2019). Anualmente, estima-se que as perdas mundiais causadas pela seca no rendimento do amendoim podem chegar a US\$ 520 milhões (Kambiranda et al., 2011).

No Brasil, na principal região produtora de amendoim, tem-se constatado áreas com longos períodos de deficiência hídrica, levando a reduções significativas no rendimento. Para minimizar os impactos dessa deficiência hídrica, o desenvolvimento de genótipos de amendoim tolerantes à seca é um dos principais focos dos geneticistas (Sarkar et al., 2016; Polania et al., 2017). Além disso, a adoção de estratégias de manejo, entre elas a busca por cultivares já disponíveis no mercado e que apresentam maior tolerância ao estresse hídrico, é de fundamental importância para selecionar genótipos promissores para sobreviver em regiões com condições edafoclimáticas adversas. Furlan et al. (2016) observaram que as respostas do amendoim submetido a um ciclo de seca e reidratação mostraram a capacidade de recuperação das plantas em termos de fotossíntese e de atividade antioxidante após três dias de reidratação. Segundo Aninbon et al. (2016), a seca na fase terminal é considerada um grande problema na produção de amendoim.

Atualmente, há uma carência de informações sobre produtividade de cultivares brasileiras de amendoim submetidas a períodos de estresse hídrico durante a fase reprodutiva. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas de cinco cultivares comerciais de amendoim submetidas a períodos de deficiência hídrica durante a fase reprodutiva (estádios R2-R8), determinando-se os efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade da cultura, visando fornecer informações que permitam selecionar as melhores para o semeio numa área com essas condições.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 5x3x5 para os parâmetros morfológicos [altura de plantas (HP); comprimento de ramos primários (CRP), número de ramos primários (NRP)] e 5x3 para os parâmetros produtivos [massa seca de parte aérea (MSP), massa seca de raízes (MSR), número de vagens (NV) e Índice de Tolerância à Seca (ITS)].

Os parâmetros morfológicos foram avaliados em cinco cultivares de amendoim rasteiro (IAC 503, IAC 505, IAC OL3, IAC OL4 e IAC OL5), três níveis hídricos (20%, 50% e 80% da capacidade de campo) e cinco períodos reprodutivos (R2, R3, R4, R5 e R8). Para os parâmetros produtivos, foram consideradas as cinco cultivares nos três níveis hídricos, ao final do período de cultivo (145 dias).

A semeadura das cultivares foi realizada em vasos com capacidade para 25 L, preenchidos com mistura de terra e areia (2:1 v/v), sendo a terra retirada da camada arável de um Latossolo Vermelho Eutroférico Típico, textura argilosa. A adubação de semeadura consistiu na aplicação de 215 kg.ha⁻¹ da formulação NPK 08-26-16.

No momento da semeadura, em cada vaso foram depositadas 10 sementes previamente tratadas com o inseticida tiametoxan (200 mL do p.c. 100 kg de sementes⁻¹) e com o fungicida carboxina + tiram (200 SC - 350 mL do p.c. 100 kg de sementes⁻¹).

As cultivares de amendoim utilizadas no estudo apresentam grande representatividade econômica na principal região produtora de amendoim no país. As cultivares, denominadas de IAC 503, IAC 505, IAC OL3, IAC OL4 e IAC OL5, são pertencentes ao grupo Virgínia, que possui características como ramificações alternadas, maior dormência, porte rasteiro, maior tamanho de sementes, menor perecibilidade e ciclo vegetativo mais longo (Nakagawa e Rosolem, 2011).

As cultivares IAC 503 e IAC 505 apresentam moderada resistência às doenças foliares [causadas pelo *Cercosporidium personatum* (Berk. & Curt.) Deighton, *Cercospora arachidicola* Hori e *Puccinia arachidis* Speg.], potencial produtivo médio

de 6.000 kg ha⁻¹, hábito de crescimento indeterminado e ciclo variando entre 130 e 140 dias após a semeadura (DAS), podendo ser prolongado dependendo das condições edafoclimáticas (Godoy et al., 2009). IAC OL3 e IAC OL4 possuem ciclo mais determinado do que as outras cultivares, entre 125 e 130 DAS, são mais suscetíveis a doenças foliares e possuem produtividade de cerca de 6.000 kg ha⁻¹ e 7.000 kg ha⁻¹ para IAC OL3 e IAC OL4, respectivamente (Godoy et al., 2014). A IAC OL5 possui ciclo semelhante às cultivares IAC OL3 e IA OL4, entre 125 e 130 DAS, e destaca-se por apresentar hábito de crescimento mais determinado, moderada resistência a doenças virais e foliares, alto caráter oleico (70%-80%) e produtividade de 6.500 kg ha⁻¹ (Godoy et al., 2017).

Para estabelecer as condições hídricas, definiu-se a capacidade de campo (CC) dos vasos, seguindo metodologia proposta por Santos et al. (2013), com os tratamentos: 1 - plantas sob deficiência hídrica acentuada (20% da CC); 2 - plantas com deficiência hídrica mediana (50% da CC) e 3 - plantas sem deficiência hídrica (80% da CC).

Os tratamentos hídricos (20%, 50% e 80% da capacidade de campo) se iniciaram quando as plantas estavam em estágio reprodutivo R2 (início da formação dos ginóforos) e foi realizado até o momento da colheita (R8). Os níveis hídricos foram mantidos durante três dias até que as plantas mais estressadas atingissem o ponto de murcha temporária (i.e., teor de umidade no qual a planta ainda consegue retirar água do solo), sendo o monitoramento da umidade do solo realizado por meio de sensores (HidroFarm da Falker, modelo HFM 2010/ HFM 2030). Em seguida, as plantas foram reidratadas ao nível da capacidade de campo, simulando, assim, períodos de deficiência hídrica ao longo do período reprodutivo das cinco cultivares de amendoim.

Após a aplicação de cada tratamento hídrico, aos 53 (R2), 66 (R3), 76 (R4), 98 (R5) e 145 (R8) dias após a semeadura (DAS), determinou-se HP, CRP e NRP. Ao final do experimento (145 DAS), determinou-se MSP, MSR e NV. Com base na produtividade, determinou-se o Índice de Tolerância à Seca (ITS), de acordo com metodologia proposta por Nautyal et al. (2002) utilizando a seguinte fórmula:

$$ITS = \frac{y_e}{y_c}$$

onde y_e corresponde à produtividade sobre estresse e y_c corresponde à produtividade da cultura em estágio de controle.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Agrostat (Barbosa e Maldonado Junior, 2015). Quando significativos, foram realizadas análises de regressão em função das épocas de avaliação.

Resultados e discussão

Na Figura 1, é possível observar a porcentagem de umidade do solo nos tratamentos hídricos durante o período reprodutivo (R1-R8). A temperatura ambiente (mínima, média e máxima) foi registrada diariamente no decorrer do período experimental.

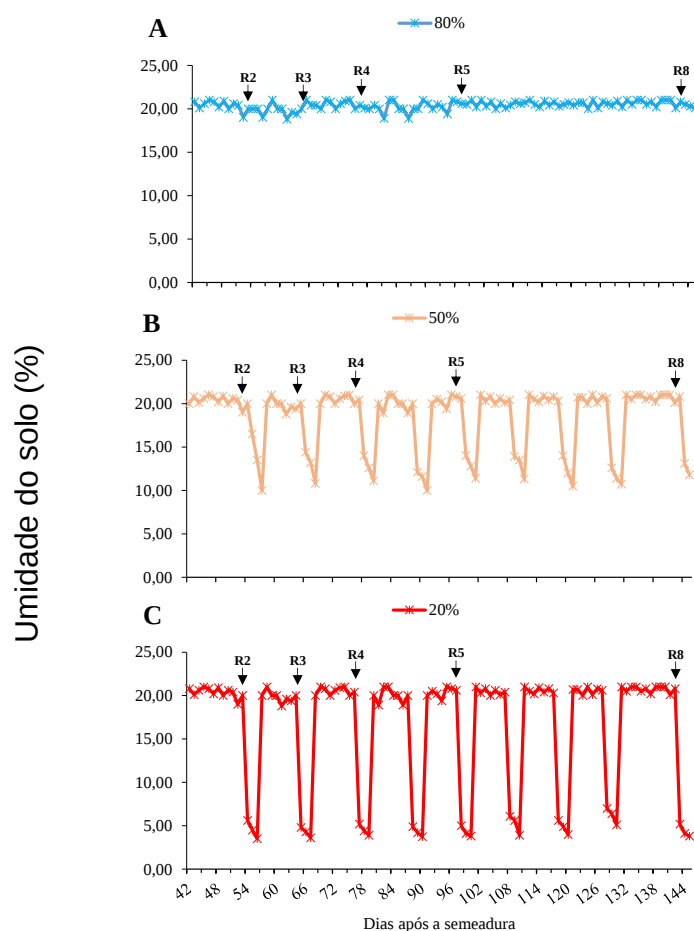


Figura 1. Umidade do solo submetido a períodos de deficiência hídrica durante o estágio reprodutivo R2-R8 de cinco cultivares de amendoim. Fatores A, a 80% da capacidade de campo (CC); B, a 50% da CC e C, a 20% da CC.

Durante a condução deste estudo, as temperaturas se mantiveram dentro da faixa aceitável, exceto durante o início do estágio reprodutivo (R1, florescimento) em que se constatou leve aumento na temperatura máxima ($\pm 34^{\circ}\text{C}$) e um breve período com temperatura mínima ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) durante o estágio de semente formada (R6), atingindo

valores abaixo do limite inferior (Figura 2). Acredita-se que essas variações não comprometeram o desenvolvimento das plantas, pois, considerando a temperatura média, as plantas estavam dentro do limite aceitável (entre 12°C e 33°C) e os períodos foram de curta duração.

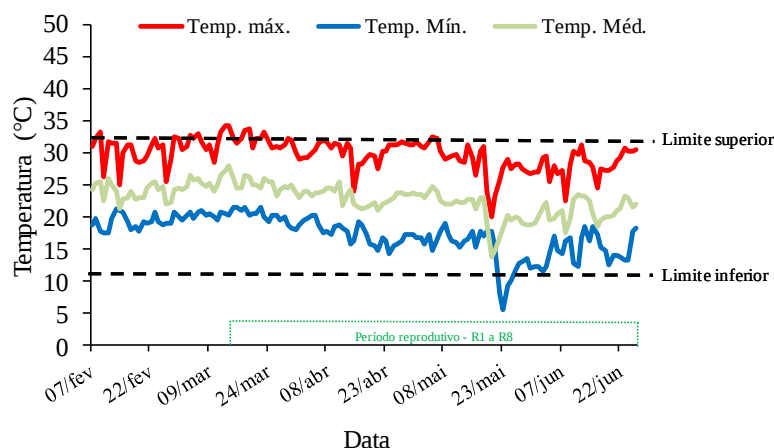


Figura 2. Temperaturas (°C) máxima, mínima e média durante o período experimental.

De acordo com Ferrari Neto et al. (2012), a cultura do amendoim é considerada como planta neutra ao fotoperiodismo, ou seja, a duração do dia não afeta o florescimento das plantas. Entretanto, a temperatura pode influenciar negativamente o crescimento e desenvolvimento do amendoim, sendo a faixa de temperatura entre 12°C e 33°C adequada para o crescimento da cultura do amendoim (Prela e Ribeiro, 2000; Awal e Ikeda, 2003).

Para altura das plantas, comprimento dos ramos primários mais desenvolvidos e número de ramos primários, verificou-se diferença significativa entre as cultivares, entre os períodos reprodutivos e interação entre os fatores cultivares *versus* níveis hídricos. Além disso, para o número de ramos primários, também se observou interação entre os fatores cultivares *versus* períodos reprodutivos (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) para altura de plantas (HP), comprimento do ramo primário (CRP) mais desenvolvido, número de ramos primários (NRP), massa seca da parte aérea (MSP) e da raiz (MSR), número de vagens (NV) e índice de tolerância à seca (ITS) de cultivares de amendoim submetidas a níveis hídricos no período reprodutivo R2 a R8.

Teste F	HP	CRP	NRP	MSP	MSR	NV	ITS
F (C)	20,28**	37,50**	46,73**	9,40**	6,87**	16,94**	7,51*
F (NH)	0,25ns	3,03ns	4,46*	1,45ns	0,36ns	24,39**	12,70**
F (PR)	19,49**	135,52**	139,05**	-----	-----	-----	-----
F (CxNH)	7,70**	2,24*	6,33**	1,79ns	1,30ns	5,35**	1,54ns
F (CxPR)	0,17ns	1,39ns	3,88**	-----	-----	-----	-----
F (NHxPR)	0,19ns	0,23ns	0,93ns	-----	-----	-----	-----
F (CxNHxPR)	0,23ns	0,51ns	0,47ns	-----	-----	-----	-----
CV (%)	20,17	10,47	11,10	14,05	29,48		12,09

C, cultivares; NH, níveis hídricos; PR, períodos reprodutivos; *significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns-não significativo; CV, coeficiente de variação.

Para os parâmetros avaliados no momento da colheita, verificou-se que, para as massas secas da parte aérea e das raízes, houve diferença significativa apenas entre as cultivares. Para o número de vagens, observou-se diferenças entre as cultivares, entre os níveis hídricos e interação entre as cultivares *versus* níveis hídricos. Para o índice de tolerância a seca, constou-se diferença significativa entre as cultivares e entre os níveis hídricos (Tabela 1).

De modo geral, observou-se, entre as cultivares, que a IAC 503 apresentou maior altura das plantas e maior número de ramos primários, quando comparada às demais. Para o comprimento dos ramos primários, as cultivares IAC 503 e IAC 505 destacaram-se, apresentando maior desenvolvimento em relação às demais. IAC OL5 e IAC OL4 apresentaram os menores valores de crescimento para os três parâmetros avaliados (Tabela 2). Segundo Taiz et al. (2017), a deficiência hídrica afeta diretamente as plantas durante os processos de crescimento e de reprodução. Além disso, as respostas ao estresse hídrico dependem das espécies e genótipos (Thangella et al., 2018), podendo apresentar grande variabilidade genotípica entre as cultivares (i.e., genótipos), como constatado no presente estudo.

Tabela 2. Desdobramento entre os fatores cultivares *versus* níveis hídricos para altura de plantas (HP), comprimento do ramo primário (CRP) mais desenvolvido e número de ramos primários (NRP).

	HP (cm)			
	20%	50%	80%	F
IAC 503	35,15 Aa	27,40 Bb	29,15 ABb	11,29**
IAC 505	27,21 BCab	24,55 Bb	29,30 Aa	3,87*
IAC OL3	27,98 Bb	33,63 Aa	25,90 ABCb	10,92**
IAC OL4	23,05 CDa	23,85 Ba	24,45 BCa	0,34ns
IAC OL5	20,78 Db	25,95 Ba	23,88 Ca	4,62*
F	20,76**	10,43**	4,49**	-----
	CRP (cm)			
	20%	50%	80%	F
IAC 503	48,83 Aa	38,35 Ab	40,18 Aab	4,25*
IAC 505	39,02 Aa	40,37 Aa	39,50 Aa	0,71ns
IAC OL3	35,63 Bb	33,93 Bb	37,30 ABa	3,85*
IAC OL4	32,00 Ca	33,23 Ba	34,95 Ba	2,98ns
IAC OL5	34,75 BCa	34,15 Ba	34,78 Ba	0,17ns
F	19,92**	13,57**	8,48**	-----
	NRP			
	20%	50%	80%	F
IAC 503	8,70 Aa	9,15 Aa	7,90 ABb	10,83**
IAC 505	7,80 Bab	7,60 Bb	8,35 ABa	4,08*
IAC OL3	7,40 Bb	8,53 Aa	8,45 Aa	10,79**
IAC OL4	7,45 Ba	7,55 Ba	7,65 BCa	0,27ns
IAC OL5	6,35 Cb	6,35 Cb	7,00 Ca	3,81*
F	19,30**	30,80**	9,28**	-----

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. *significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns-não significativo.

Analisando o desdobramento entre os fatores cultivares *versus* níveis hídricos para altura das plantas, verificou-se que, para o tratamento com 80% da CC, IAC 503, IAC 505 e IAC OL3 apresentaram maior crescimento quando comparadas com IAC OL4 e IAC OL5, mostrando variabilidade entre as cultivares em situações ideais de cultivo. Quando as plantas foram submetidas a 50% da CC, verificou-se que apenas a IAC OL3 apresentou maior crescimento quando comparada com as demais cultivares. Sob 20% da CC, IAC 503 novamente destacou-se com maior crescimento comparada às outras cultivares estudadas.

Arruda et al. (2015), avaliando cultivares de amendoim sob estresse hídrico, constataram que a altura das plantas é altamente responsiva à demanda hídrica. Gomes (2016), testando distintas lâminas de água, também verificou maior altura das plantas do amendoim hidratado em relação às plantas sob menor disponibilidade hídrica.

Entre os níveis hídricos, observou-se apenas que a cultivar IAC OL5 apresentou redução significativa na altura das plantas, quando comparada com o tratamento a 80% da CC (Tabela 2). Correia e Nogueira (2004) verificaram que a altura das plantas sob deficiência hídrica foi significativamente menor (27 cm), quando comparada com a das plantas hidratadas (45 cm), corroborando os resultados evidenciados nesta pesquisa.

Para o comprimento do ramo primário mais desenvolvido, observou-se que, entre as cultivares, nos três níveis hídricos, a IAC 503 e a IAC 505 apresentaram maior desenvolvimento quando comparadas às demais. Entre os níveis hídricos, não foram constatadas diferenças para as cultivares IAC 505, IAC OL3 e IAC OL5. Para a IAC 503, houve redução no comprimento do ramo a 50% da CC, no entanto, não diferiu estatisticamente do tratamento testemunha (80% da CC). Para a cultivar IAC OL3, verificou-se que os tratamentos submetidos a 20% e 50% da CC apresentaram redução significativa no comprimento dos ramos quando comparados com o tratamento a 80% da CC (Tabela 2).

Para o número de ramos primários (Tabela 2), observou-se no tratamento com 80% da CC que a cultivar IAC 503 apresentou maior crescimento, quando comparada com as demais. No tratamento a 50% da CC, verificou-se que a IAC 503 e a IAC OL3 apresentaram maior número de ramos em relação às demais. Quando as plantas foram submetidas a 20% da CC, IAC 503, IAC 505 e IAC OL3 apresentaram maior número de ramos. Entre os níveis hídricos, observou-se que, para a IAC 503, o estresse (20% e 50% da CC) promoveu maior número de ramos primários. Para IAC 505 e IAC OL4, os níveis de estresse não diferenciaram da testemunha a 80% da CC. Para IAC OL3, apenas o estresse a 20% da CC causou decréscimo no número de ramos. Para IAC OL5, observou-se maior sensibilidade ao estresse, com redução no número de ramos nos tratamentos a 20% e 50% da CC (Tabela 2). Como mencionado, a deficiência hídrica também pode comprometer a fase reprodutiva (Taiz et al., 2017) e causar redução no número de ramos das plantas. A redução dos ramos pode afetar negativamente a produção de flores que são formadas nos entrenós dos ramos primários e secundários das plantas e, conseqüentemente, causar redução no número de ginóforos, reduzindo a produção de vagens e de sementes do amendoim.

Analisando as respostas referentes aos períodos reprodutivos, observou-se que, para a altura das plantas (Figura 3), há aumento linear ao longo do tempo. Para todas as cultivares, constatou-se que os tratamentos com as maiores disponibilidades hídricas proporcionaram maior crescimento. Analisando as fórmulas apresentadas, nos tratamentos com 80% da CC, a altura das cultivares IAC 503 e IAC OL4 foi maior, com aumento de 2,25 cm da haste principal a cada 23 dias, ou seja, $0,10 \text{ cm dia}^{-1}$. Em seguida, para IAC OL3 e IAC OL5, houve acréscimo diário na altura das plantas de 0,08 cm. Para a cultivar IAC 505, verificou-se crescimento mais lento, com cerca de $0,05 \text{ cm dia}^{-1}$ (Figura 3). De modo geral, as plantas com menor disponibilidade hídrica apresentaram menor crescimento diário em altura ao longo do período reprodutivo. De acordo com Duarte et al. (2013), a deficiência hídrica pode influenciar negativamente o crescimento, promovendo menor altura das plantas.

Com 50% da CC, verificou-se a ocorrência de respostas diferenciadas. Nessa condição, a IAC 503 apresentou maior seguimento da haste principal (i.e., altura), seguida das cultivares IAC OL3, IAC OL5 e IAC 505, com 0,18 cm; 0,15 cm; 0,13 cm e 0,11 cm a cada dia, respectivamente. A cultivar IAC OL4 foi a mais prejudicada, apresentando crescimento diário de 0,06 cm. Sob 20% da CC, as plantas das cultivares IAC OL5 e IAC 505 apresentaram maior crescimento, com 0,17 e 0,10 cm dia^{-1} , respectivamente. As demais cultivares, IAC 503, IAC OL3 e IAC OL4, apresentaram crescimento de 0,07; 0,06 e 0,07 cm dia^{-1} , respectivamente (Figura 3).

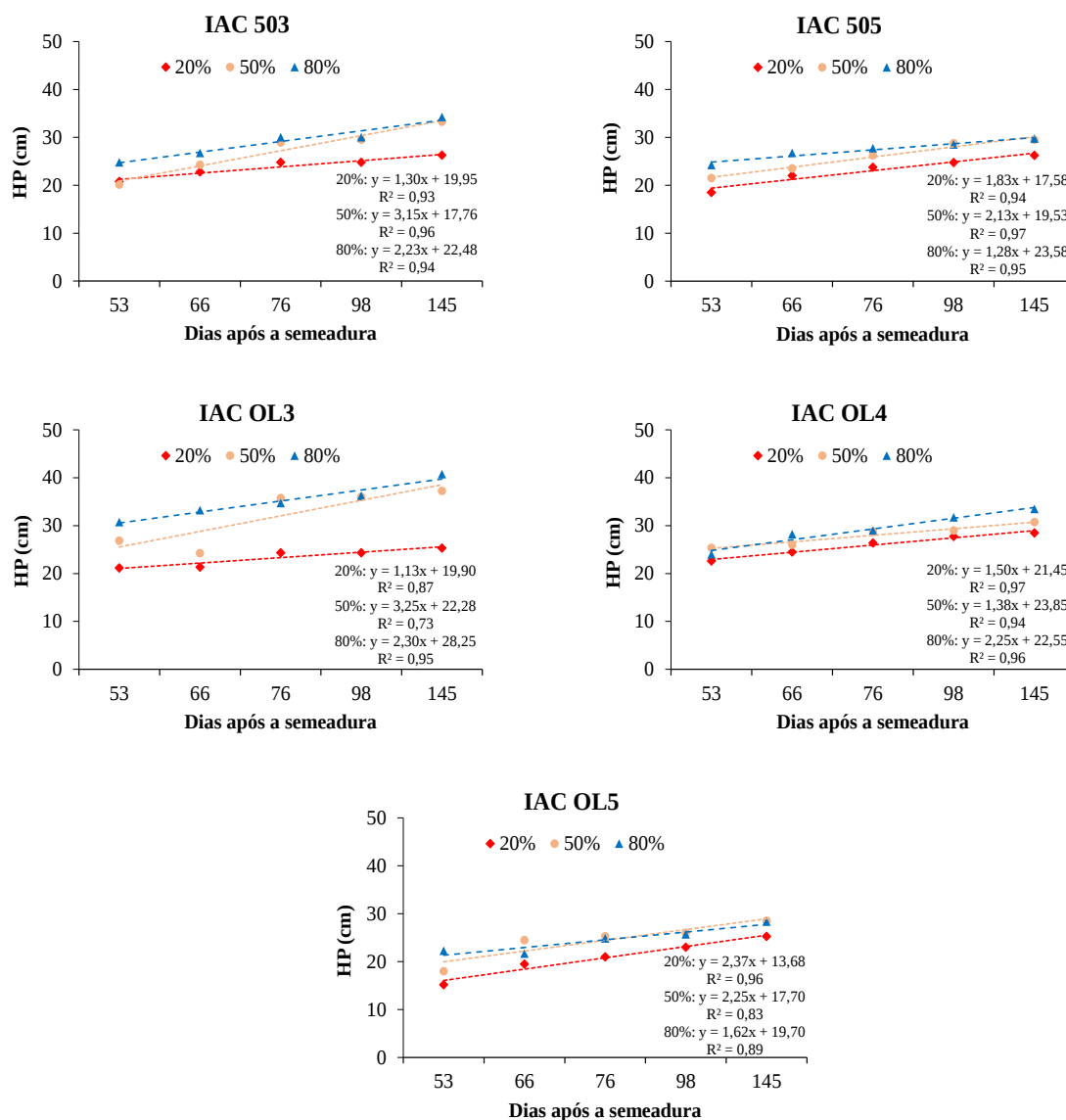


Figura 3. Altura das plantas (HP) de cinco cultivares de amendoim na fase reprodutiva sob níveis hídricos.

Para o comprimento do ramo primário mais desenvolvido, também se observou aumento linear durante o período reprodutivo (Figura 4). Para essa variável, observou-se que o tratamento com o maior nível hídrico (80% da CC) apresentou maior desenvolvimento dos ramos.

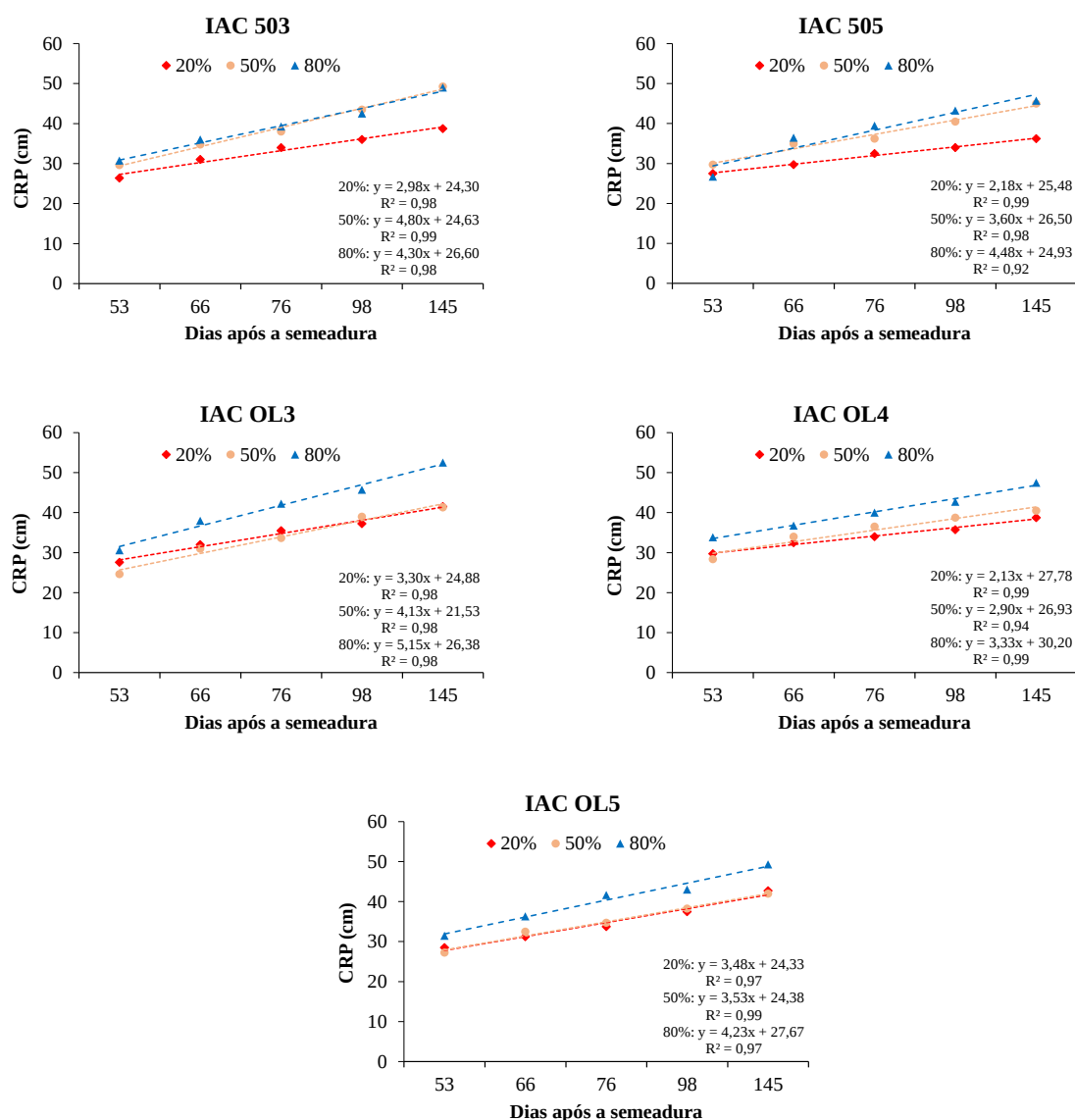


Figura 4. Comprimento do ramo primário (CRP) mais desenvolvido de cinco cultivares de amendoim na fase reprodutiva sob níveis hídricos.

Nos tratamentos com 80% da CC, as cultivares IAC OL3, IAC 505, IAC 503, IAC OL5 e IAC OL4 apresentaram acréscimo diário de 0,20; 0,18; 0,16; 0,15 e 0,11 cm, respectivamente. Com 50% da CC, verificou-se que as cultivares IAC 503, IAC OL3, IAC OL5, IAC 505 e IAC OL 4 apresentaram aumento de 0,19; 0,19; 0,15; 0,13 e 0,11 cm dia⁻¹, respectivamente. No tratamento sob 20% da CC, observou-se menor desenvolvimento dos ramos, com crescimento diário de 0,15; 0,13, 0,11; 0,09 e 0,08 cm, para as cultivares IAC OL5, IAC OL3, IAC 503, IAC 505 e IAC OL4, respectivamente (Figura 4).

Para o número de ramos primários, observou-se que, com 80% da CC, a cultivar IAC 503 apresentou maior desenvolvimento diário, com 0,39 cm, seguida da IAC OL3 e da IAC 505, que apresentaram diariamente 0,21 cm e 0,19 cm de desenvolvimento dos ramos, respectivamente. IAC OL4 e IAC OL5 foram as que apresentaram menor desenvolvimento, com 0,17 e 0,15 cm dia⁻¹, respectivamente. Para as plantas submetidas a 50% da CC, verificou-se que a IAC OL4 apresentou maior desenvolvimento, com 0,18 cm.dia⁻¹, enquanto que as cultivares IAC OL5, IAC 505, IAC OL3 e IAC 503 apresentaram os índices de 0,18; 0,14; 0,13; 0,11 e 0,10 cm.dia⁻¹. No tratamento a 20%, observou-se que o desenvolvimento foi menor durante os períodos reprodutivos, com 0,13; 0,11; 0,11; 0,11 e 0,10 cm dia⁻¹, para as cultivares IAC 505, IAC 503, IAC OL4, IAC OL5 e IAC OL3 (Figura 5).

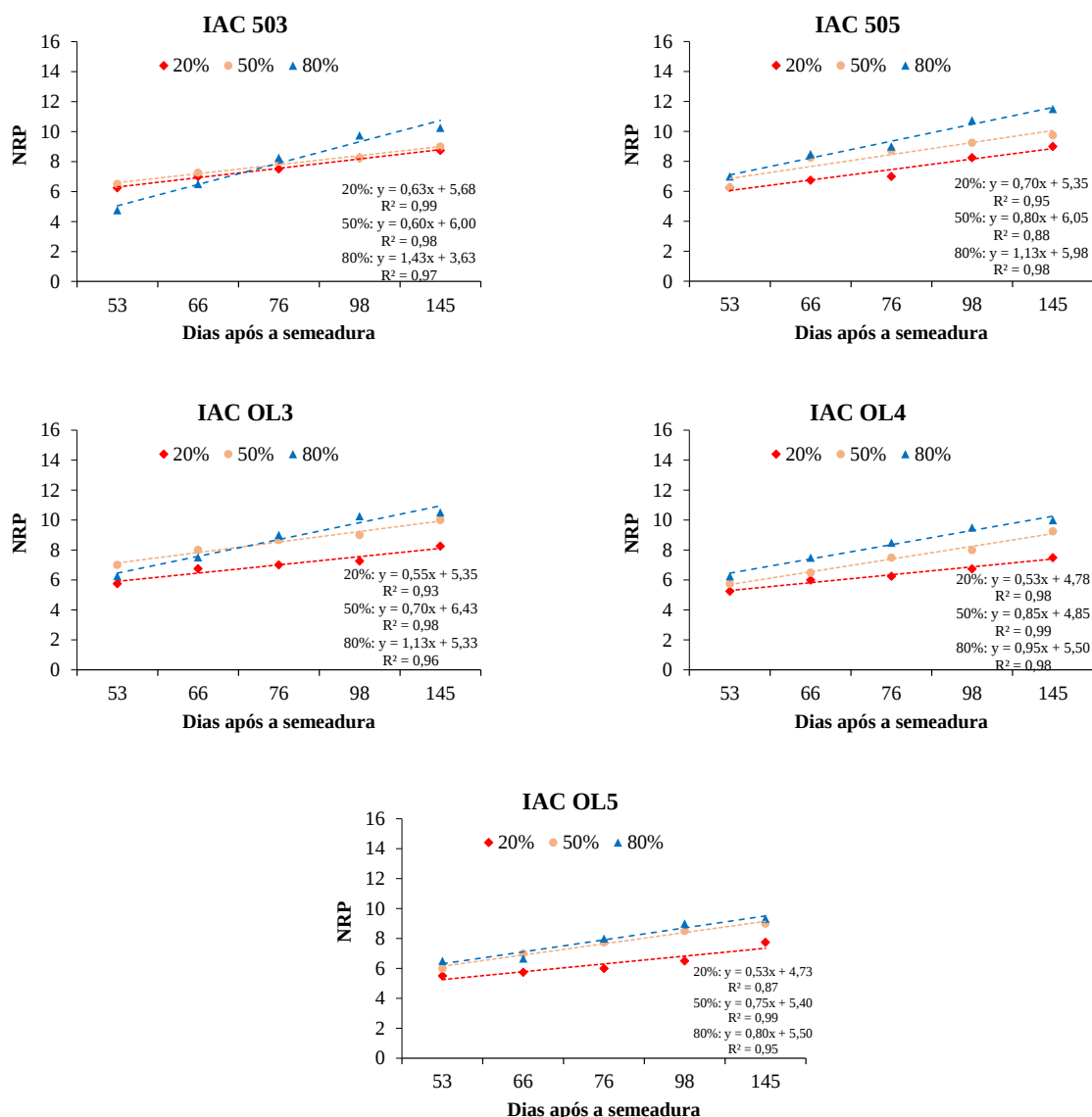


Figura 5. Número de ramos primários (NRP) de cinco cultivares de amendoim na fase reprodutiva sob níveis hídricos.

Analisando a interação entre os fatores cultivares *versus* períodos reprodutivos (R2-R8) para o número de ramos primários de plantas submetidas a níveis hídricos, não se observou diferença entre as cultivares no estágio R2. Em R3, a cultivar IAC OL5 apresentou menor número de ramos quando comparada às demais cultivares. Em R4, as cultivares IAC OL4 e IAC OL5 foram as que apresentaram menor número de ramos quando comparadas às demais. A partir de R5, verificou-se que todas as cultivares apresentaram menor número de ramos quando comparadas com a IAC 503. Entretanto, nesses períodos, a IAC OL5 foi a que apresentou maior sensibilidade aos

estresses. Entre os períodos, para cada cultivar, de modo geral, observou-se maior número de ramos primários ao longo do tempo (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento entre os fatores cultivares *versus* estádios reprodutivos (R2-R8) para o número de ramos primários de plantas submetidas à níveis hídricos.

	R2	R3	R4	R5	R8	F
IAC 503	6,00 Ad	7,17 Ac	8,75 Ab	10,25 Aa	10,78 Aa	65,60**
IAC 505	5,92 Ad	7,14 Ac	8,17 ABb	8,92 Bab	9,44 Ba	32,43**
IAC OL3	6,33 Ad	7,58 Ac	8,30 ABbc	8,75 Bab	9,67 Ba	25,55**
IAC OL4	6,17 Ad	6,92 ABcd	7,42 Bbc	8,33 Bab	8,92 Ba	19,52**
IAC OL5	5,58 Ac	6,17 Bbc	6,42 Cbc	6,83 Cb	7,83 Ca	11,45**
F	1,30ns	4,41**	13,59**	24,47**	18,46**	-----

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. **significativo a 1% de probabilidade; ns - não significativo.

Para a massa seca da parte aérea e da raiz, não se observou diferenças entre os níveis hídricos e interação entre cultivares *versus* níveis hídricos. Entretanto, verificou-se diferença significativa entre as cultivares, sendo a IAC 503, a IAC 505 e a IAC OL3 as que apresentaram maior massa, quando comparadas com as cultivares IAC OL4 e IAC OL5 (Tabela 4). Vorasoot et al. (2003) também constataram respostas diferenciadas entre cultivares de amendoim sob níveis hídricos. Os autores observaram redução significativa na produção de massa seca, rendimento de vagens, número de sementes por planta em quatro cultivares de amendoim sob 40% e 60% da capacidade de campo.

Para expressar a produtividade, utilizou-se o número de vagens por planta e constatou-se que, entre as cultivares com 80% da CC, a IAC 505 e a IAC OL5 apresentaram maior produção de vagens planta⁻¹. Com 50% e 20% da CC, há resposta diferenciada entre as cultivares, destacando-se a IAC OL4 como mais produtiva. Entre os níveis hídricos, observou-se que não houve diferenças para a IAC 503 e a IAC OL4. Para a IAC OL3, a deficiência hídrica causada pelo tratamento com 20% da CC reduziu a produção em 18%.

Tabela 4. Massa seca da parte aérea (MSP) e da raiz (MSR) de cultivares de amendoim submetidas a períodos de deficiência hídrica.

Cultivares (C)	MSP (g.planta ⁻¹)	MSR (g.planta ⁻¹)
IAC 503	95,03 A	4,48 A
IAC 505	95,69 A	4,12 AB
IAC OL3	89,11 AB	3,31 ABC
IAC OL4	78,56 BC	3,20 BC
IAC OL5	71,30 C	2,50 C
Níveis hídricos (NH)		
20%	83,07 A	3,61 A
50%	89,46 A	3,60 A
80%	85,28 A	3,36 A
F (C)	9,40**	6,87**
F (NH)	1,45ns	0,36ns
F (CxNH)	1,79ns	1,30ns
CV (%)	14,05	29,48

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. **significativo a 1% de probabilidade; ns - não significativo; CV, coeficiente de variação; C, cultivares; NH, níveis hídricos.

A cultivar IAC 505, sob níveis hídricos de 50% e 20% da CC, apresentou perdas equivalentes a 29% e 30%, respectivamente. Para IAC OL5, as perdas decorrentes da deficiência foram de 17% e 32% para as plantas sob os níveis hídricos de 50% e 20% da CC, respectivamente (Figura 6). Aninbon et al. (2016), estudando estresse hídrico na fase terminal (R5-R7), observaram que seca reduz o teor total de fenólicos nas sementes e que há respostas diferenciais ao estresse hídrico entre os genótipos estudados.

Os índices de tolerância à seca são utilizados para comparar a tolerância entre épocas e/ou entre diferentes espécies igualando as grandezas (Bortolini et al., 2011). Neste estudo foi realizada a comparação entre cultivares da mesma espécie sob dois níveis hídricos, 20% e 50% da CC. Com base na análise de variância, foram observadas diferenças entre os níveis hídricos, sendo 20% da CC o mais prejudicial no potencial produtivo. Entre as cultivares mais suscetíveis à deficiência hídrica, observou-se que as cultivares IAC 505 e IAC OL5 foram as mais prejudicadas. Entretanto, verificou-se maior tolerância das cultivares IAC 503, IAC OL3 e, principalmente, IAC OL4, que apresentou valor acima de 1 (Tabela 5). Os resultados apresentaram variabilidade genotípica nas respostas aos níveis hídricos,

corroborando os resultados de pesquisas constatados por Aninbon et al. (2016) e Duarte et al. (2013) em cultivares de amendoim sob deficiência hídrica.

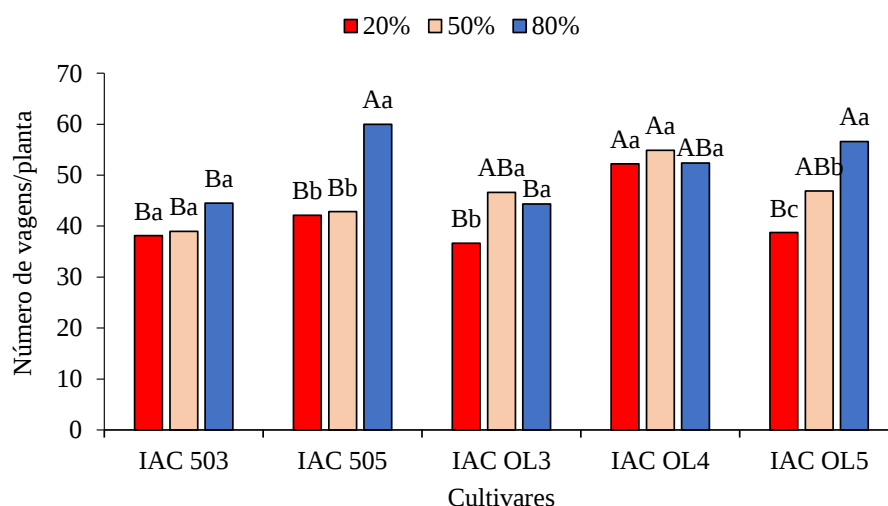


Figura 6. Interação entre os fatores cultivares *versus* níveis hídricos para o número de vagens por planta de cinco cultivares de amendoim. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam as cultivares e letras minúsculas comparam o efeito dos níveis hídricos para cada cultivar.

Tabela 5. Índice de tolerância à seca (ITS) de cultivares de amendoim submetidas a níveis hídricos durante os períodos reprodutivos (R2-R8).

ITS ¹	
Cultivares (C)	
IAC 503	0,91 A
IAC 505	0,72 B
IAC OL3	0,94 A
IAC OL4	1,04 A
IAC OL5	0,76 B
Níveis hídricos (NH)	
20%	0,83 B
50%	0,92 A
F (C)	7,51*
F (NH)	12,70**
F (CxNH)	1,54ns
CV (%)	12,09

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. **significativo a 1% de probabilidade; CV, coeficiente de variação; C, cultivares; NH, níveis hídricos; ¹valores maior que 1 = aumento e menores que 1 = diminuição da tolerância.

Conclusões

Entre as cultivares estudadas, a IAC 503 apresenta os maiores valores para os parâmetros, indicando menor perda frente à restrição hídrica.

Existe redução para a condição de 50% de capacidade de campo nas cultivares IAC OL5 e IAC 505. A 20% da capacidade de campo, uma redução maior foi observada para IAC OL3, IAC 505 e IAC OL5, sendo estas as mais suscetíveis ao estresse hídrico.

As cultivares IAC OL4 e IAC 503 são mais tolerantes aos níveis hídricos expostos no experimento, sendo, portanto, consideradas as melhores para plantio nessas condições.

Referências

- AKRAM, N. A.; SHAFIQ, F.; ASHRAF, M. (2018). Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A Prospective Legume Crop to Offer Multiple Health Benefits Under Changing Climate. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v. 17, n. 5, p. 1325-1338.
- ANINBON, C.; JOGLOY, S.; VORASOOT, N.; PATANOTHAI, A.; NUCHADOMRONG, S.; SENAWONG, T. (2016). Effect of end of season water deficit on phenolic compounds in peanut genotypes with different levels of resistance to drought. **Food Chemistry**. v.196, p.123-129.
- ARRUDA, I. M.; CIRINO, V. M.; BURATTO, J. S.; FERREIRA, J. M. (2015). Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 45, n. 2, p. 146-154.
- AWAL, M. A.; IKEDA, T. (2003). Controlling canopy formation, flowering, and yield in field-grown stands of peanut (*Arachis hypogaea* L.) with ambient and regulated soil temperature. **Field Crops Research**. v. 81, n. 2-3, p. 121-132.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. (2015). **AgroEstat. Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396 p.
- BOOTE, K. J.; KETRING, D. L. (1990) Peanut. Chapter 22. In: STEWART, B.A., NIELSEN, O. R. Irrigation of Agricultural Crops. **Agronomy Monograph 30**. p. 675-717.
- BORTOLINI, F.; DALL'AGNOL, M.; BISSANI, C. A. (2011). Características morfofisiológicas associadas à tolerância à seca em sete genótipos da coleção nuclear de trevo branco. **Ciência Rural**. v. 41, n. 9, p.1632-1638.
- CERIONI, G. A. (2003). **Déficit hídrico en las etapas reproductivas del maní (*Arachis hypogaea* L.), su influencia sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad**. 95 f. Tese de Mestrado. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. FAV-UNRC. Córdoba, Río Cuarto.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2019). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos. 2017-2018**. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>. Acesso em: 1 mar. 2019.
- CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. (2004). Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, p. 1-7.
- DHAKAR, R., CHANDRAN, M. S., NAGAR, S., KUMARI, V. V., SUBBARAO, A. V. M., BAL, S. K., & KUMAR, P. V. (2018). Field Crop Response to Water Deficit Stress:

Assessment Through Crop Models. In: **Advances in Crop Environment Interaction**. Springer, Singapore. p. 287-315.

DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. A.; DOS SANTOS, R. C. (2013) Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.

FERRARI NETO, J.; COSTA, C. H. M.; CASTRO, G. S. A. (2012). Ecofisiologia do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 11, n. 4, p. 01-13.

FURLAN, A.; BIANUCCI, E.; TORDABLE, M.C.; KLEINERT, A.; VALENTINE, A.; CASTRO, S. (2016). Dynamic responses of photosynthesis and the antioxidant system during a drought and rehydration cycle in peanut plants. **Functional Plant Biology**. v. 43, n. 4, p. 337-345.

GIAMBASTIANI, G. (1998) **Calidad fisiológica de las semillas de maní obtenidas con diferente disponibilidad hídrica en el cultivo madre**. Tese de Mestrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

GODOY, I. J. D.; SANTOS, J. F. D.; CARVALHO, C. R. L. D.; MICHELOTTO, M. D.; BOLONHEZI, D.; FREITAS, R. S. D.; MARTINS, A. L. M. (2014). IAC OL 3 and IAC OL 4: new Brazilian peanut cultivars with the high oleic trait. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 14, n. 3, p. 200-203.

GODOY, I. J. D.; SANTOS, J. F. D.; MICHELOTTO, M. D.; MORAES, A. R. A. D.; BOLONHEZI, D.; FREITAS, R. S. D.; MARTINS, A. L. M. (2017). IAC OL 5-New high oleic runner peanut cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 17, n. 3, p. 295-298.

GODOY, I. J.; CARVALHO, C. L.; MARTINS, A. L. M.; BOLONHEZI, D.; FREITAS, R. S.; KASAI, F. S.; MORAIS, L. K. (2009). IAC 503 e IAC 505: cultivares de amendoim com a característica alto oleico. In: 5º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS. **Anais...** SBMP, Guarapari (CD-ROM), 2009.

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

HARO, R. J.; DARDANELLI, J. L.; OTEGUI, M. E.; COLLINO, D. J. (2008). 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.

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

JAIN, N. K.; JAT, R. A.; YADAV, R. S.; BHADURI, D.; MEENA, H. N. (2018). Polythene mulching and fertigation in peanut (*Arachis hypogaea*): Effect on crop productivity,

quality, water productivity and economic profitability. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. v. 88, n. 8, p. 1168–1178.

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

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

NAUTYAL, P. C.; NAGESWARA-RAO, R. C.; JOSHI, Y. C. (2002). Moisture deficit induced change in leaf water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. **Field Crops Research**. v. 74, p. 67-79.

PEREIRA, J. W. L.; ALBUQUERQUE, M. B.; MELO FILHO, P. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, L. M.; SANTOS, R. C. (2016). 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.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. (2017). Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel-Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras. **Revista Virtual de Química**. v. 9, n. 1, p. 39-51.

POLANIA, J.; RAO, I. M.; CAJIAO, C.; GRAJALES, M.; RIVERA, M.; VELASQUEZ, F.; BEEBE, S. E. (2017). Shoot and root traits contribute to drought resistance in recombinant inbred lines of MD 23–24× SEA 5 of common bean. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, p. 296.

PRELA, A.; RIBEIRO, A. M. A. (2000). Soma de graus-dia para o sub-período semeadura maturação do amendoimzeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria**. v. 8, n. 2, p. 321-324.

RODRIGUES, L. G. D. S. M.; RODRIGUES, F. M.; DE OLIVEIRA, E. M.; VIERA, V. B.; ARÉVALO, A. M.; VIROLI, S. L. M. (2016). Peanut (*Arachis* sp.) as a source in the Brazilian energy matrix. **Journal of Bioenergy and Food Science**. v. 3, n. 3, p. 178-190.

SANTOS, C. S.; SILVA, P. F.; SANTOS, J. C. C.; SILVA, C. H.; BARROS, A. C. (2013). Estimativa da umidade na capacidade de campo em vasos e em laboratório. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 8, n. 2, p. 151-160.

SARKAR, T.; THANKAPPAN, R.; KUMAR, A.; MISHRA, G. P.; DOBARIA, J. R. (2016). Stress Inducible Expression of AtDREB1A transcription factor in transgenic peanut (*Arachis hypogaea* L.) conferred tolerance to soil-moisture deficit stress. **Frontiers in Plant Science**. v. 7, p. 935.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. (2017). **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 888 p.

THANGELLA, P. A. V.; PASUMARTI, S. N. B. S.; PULLAKHANDAM, R.; GEEREDDY, B. R.; DAGGU, M. R. (2018). Differential expression of leaf proteins in four cultivars of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under water stress. **3 Biotech**. v. 8, p. 157.

USDA - United States Department of Agriculture (2019). Foreign Agricultural Service World Agricultural Production. **Circular Series**, WAP 3-19, March 2019. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/PSDOnline/Circulars/2019/03/production.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2019.

VORASOOT, N.; SONGSRI, P.; AKKASAENG, C.; JOGLOY, S.; PATANOTHAI, A. (2003). Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. v. 25, n. 3, p. 283-288.