

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

**MANEJO DA FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA E REGIME
HÍDRICO EM AMENDOIM CULTIVADO EM SEGUNDA
SAFRA**

Emanuel D' Araújo Ribeiro de Ceita
Agrônomo

2021

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

**MANEJO DA FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA E REGIME
HÍDRICO EM AMENDOIM CULTIVADO EM SEGUNDA
SAFRA**

Discente: Emanuel D' Araújo Ribeiro de Ceita

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).**

C391m Ceita, Emanuel D Araújo Ribeiro de
Manejo da fertilização potássica e regime hídrico em amendoim
cultivado em segunda safra / Emanuel D Araújo Ribeiro de Ceita. --
Jaboticabal, 2021
33 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Luiz Fabiano Palaretti

1. *Arachis hypogaea*. 2. Absorção de nutriente. 3. Fertirrigação. 4.
Produtividade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MANEJO DA FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA E REGIME HÍDRICO EM AMENDOIM CULTIVADO EM SEGUNDA SAFRA

AUTOR: EMANUEL D'ARAÚJO RIBEIRO DE CEITA

ORIENTADOR: LUIZ FABIANO PALARETTI

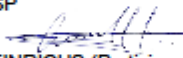
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

A handwritten signature in blue ink, belonging to Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti.

Prof. Dr. LUIZ FABIANO PALARETTI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas (DECEX) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

A handwritten signature in blue ink, belonging to Pesquisador Dr. Willians Cesar Carrega.

Pesquisador Dr. WILLIANS CESAR CARREGA (Participação Virtual)
APTA / Pindorama/SP

A handwritten signature in blue ink, belonging to Prof. Dr. Reges Heinrichs.

Prof. Dr. REGES HEINRICHS (Participação Virtual)
FCAT/UNESP / Dracena/SP

Jaboticabal, 06 de julho de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Emanuel D´ Araújo Ribeiro de Ceita, nascido em 17 de novembro de 1994 no Distrito de Água Grande, em São Tomé e Príncipe, filho de Eugénio Ribeiro Ferreira de Ceita e Francisca José D´ Araújo Martins de Ceita. Concluiu o Ensino Médio na escola secundária Liceu Nacional em São Tomé e Príncipe. Em maio de 2014 ingressou no curso de Agronomia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) com conclusão realizada em abril de 2019. Durante a graduação atuou como voluntário PIBIC/UNILAB em iniciação Científica no projeto intitulado “Irrigação com água salina na cultura do arroz em solo com fertilizantes orgânicos” no período entre 09/2015 e 06/2016. Foi bolsista de Iniciação Científica no Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa e Estímulo a Interiorização (BPI/FUNCAP) e desenvolveu o projeto intitulado “Manejo da irrigação com água salina em sistema consorciado milho/fava no Maciço de Baturité” no período de 08/2016 a 04/2018. Atuou como voluntário PIBIC/UNILAB em iniciação Científica no projeto intitulado “Estresse salino e adubação organomineral na cultura do quiabo” no período entre 08/2018 e 07/2019. Realizou estágio curricular durante três meses na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE). Em agosto de 2019, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista CAPES. Em 2020 foi estagiário no Departamento de Irrigação e Hidráulica Agrícola, da Direção de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DADR) em São Tomé e Príncipe.

Dedico

Aos meus pais, Eugénio Ribeiro Ferreira de Ceita (*In memoriam*) e Francisca José D' Araújo Martins de Ceita.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo conforto espiritual e proteção;

Aos meus pais, pela educação, admiração, confiança e todo apoio moral e incentivo na minha trajetória;

Aos meus irmãos, Eugénio de Ceita e Paulo de Ceita, pelo carinho, companheirismo e incentivo;

À Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” /Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), pela oportunidade de realizar o mestrado;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001;

Ao Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti, pela orientação, amizade, ensinamentos, incentivo e confiança depositada durante o mestrado;

Aos professores do mestrado, Rogério Teixeira, Glauco Rolim, Renato de Mello, Luiz Fabiano, Adriana Ribon e Carlos Azania, pelo compromisso com o ensino e ensinamentos científicos;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pelo apoio na instalação do experimento;

Aos membros do grupo de pesquisa GPIMA, pela recepção e contribuições no aprendizado;

Ao professor Renato de Mello Prado por ter concedido o Laboratório de Solos e Adubos para a realização de algumas análises, e agradeço também a Marcilene Machado por ter auxiliado nesse processo.

À banca examinadora de qualificação de mestrado, Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri e Prof. Dr. Fábio Olivieri de Nobile, pelas sugestões e contribuições.

Aos demais aqui não citados, porém não menos importante, que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1	A cultura do amendoim.....	2
2.2	Importância econômica do amendoim.....	3
2.3	Fertilização potássica na cultura do amendoim.....	5
2.4	Exigência hídrica na cultura do amendoim	6
2.5	Fertirrigação em amendoim	7
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1	Caracterização da área.....	8
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	9
3.3	Instalação e condução do experimento.....	9
3.4	Condições meteorológicas e manejo da irrigação	11
3.5	Variáveis analisadas	13
3.6	Análise estatística	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1	Crescimento Vegetativo	14
4.2	Parâmetros de rendimento.....	18
4.3	Acúmulo de biomassa e nutrientes pelo amendoim.....	21
5	CONCLUSÕES.....	27
6	REFERÊNCIAS.....	28

MANEJO DA FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA E REGIME HÍDRICO EM AMENDOIM CULTIVADO EM SEGUNDA SAFRA

RESUMO – O amendoim cultivado sucessivamente é uma estratégia para produtores que desejam obter maior retorno econômico com foco na produção de sementes. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônômico do amendoim e quantificar a absorção de macronutrientes da cultura, cultivado em segunda safra sob regimes hídricos e fertilização potássica. O experimento foi delineado em faixas, considerando o regime hídrico (RH) divididos em faixas. Dentro de cada RH foram constituídos por manejo de fertilização (MF) também dispostos em faixas com cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se de dois RH [100% e 50% da evapotranspiração da cultura (ET_c)] e três MF [F1 - Fertirrigação de acordo com a marcha de absorção da cultura, F2 - Fertirrigação parcelada em quatro vezes durante o ciclo e F3 - Fertilização convencional]. O regime hídrico com 100% da ET_c, associado com à fertilização potássica sob fertirrigação parcelada em quatro vezes, proporciona aumento no crescimento do amendoim cultivado na segunda safra, evidenciado pela maior altura da haste principal da planta e taxa de cobertura do solo pelo dossel da cultura. Neste mesmo regime hídrico foi obtido aumentos de 69% (+1074,6 kg ha⁻¹) e 47% (+1061,3 kg ha⁻¹) na produtividade de sementes e de vagens utilizando a cultivar IAC 503. A maior taxa de absorção de nutrientes ocorre aos 166 dias após semeadura (DAS) durante o estágio reprodutivo, correspondendo aos períodos entre a formação das vagens e o enchimento de semente.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea*, absorção de nutriente, fertirrigação, produtividade

MANAGEMENT OF POTASSIUM FERTILIZATION AND WATER REGIME IN PEANUTS CULTIVATED IN SECOND CROP

ABSTRACT – The successively cultivated peanuts are an strategy for producers who want to obtain greater economic return with a focus on seed production. In this context, the aim of this study was to evaluate the agronomic performance of peanuts and quantify the absorption of macronutrients from the crop, grown in the second crop under water regimes and potassium fertilization. The experiment was designed in bands, considering the water regime (WR) divided into bands. Within each WR were constituted by fertilization management (FM) also arranged in bands with five repetitions. The treatments consisted of two WR [100% and 50% of crop evapotranspiration (ETc)] and three FM [F1 - Fertigation according to the rate of crop absorption, F2 - Fertigation split in four times during the cycle and F3 - Conventional Fertilization]. The water regime with 100% of ETc, associated with potassium fertilization under four-fold split fertigation, provides an increase in the growth of peanuts cultivated in the second crop, evidenced by the greater height of the main stem of the plant and the ground cover rate by the canopy of the plant culture. In this, same water regime, increases of 69% (+1074.6 kg ha⁻¹) and 47% (+1061.3 kg ha⁻¹) in seed and pod yield were obtained using the cultivar IAC 503. Nutrient absorption occurs at 166 days after sowing (DAS) during the reproductive stage, corresponding to the periods between pod formation and seed filling.

Keywords: *Arachis hypogaea*, nutrient absorption, fertigation, yield

1 INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais, a época de semeadura do amendoim é determinada pelas condições edafoclimáticas e se divide em duas safras anuais. No Brasil, a primeira safra é semeada em outubro/novembro, e a segunda em janeiro/março (Coelho et al., 2017). A segunda safra é uma estratégia para produtores que almejam a produção de sementes e que se dedicam à outras atividades que não a canavieira (França et al., 2020).

Menores produtividades são obtidas na segunda safra, em decorrência do atraso na semeadura e déficits hídricos ocasionados pelo baixo regime pluviométrico nos meses entre abril e setembro. Kambiranda et al. (2011) citam uma estimativa anual que mostra que as perdas na produtividade de amendoim causada pela seca equivalem a US\$ 520 milhões.

Em contrapartida, a escassez hídrica e as baixas temperaturas favorecem na obtenção de grãos de melhor qualidade, desejáveis para comercialização como amendoim semente (Nakagawa e Rosolem, 2011). Concomitante, a obtenção de sementes com melhor qualidade e aumentos de produtividade no cultivo de segunda safra está ligada ao uso da irrigação, como estratégia no fornecimento de água (Thangthong et al., 2018).

Além da irrigação, outra estratégia para incremento na produtividade do amendoim cultivado na segunda safra é o fornecimento de potássio, por ser este o segundo nutriente demandado pela cultura, com recomendação de 60 kg ha⁻¹, com maior alocação nas partes vegetativas (Nakagawa e Rosolem, 2011).

A diminuição do conteúdo de água no solo afeta acentuadamente o crescimento do amendoim em função da diminuição da turgescência, desse modo, o potássio exerce uma função fisiológica fundamental às plantas, pois eleva, o potencial osmótico das células, resultando em absorção de água e maior turgor e a abertura estomática (Prado, 2008)

O uso de fertilizantes tradicionalmente empregados em adubação via solo, por não serem apropriados para fertirrigação podem acarretar inadequada solubilidade. Nesse caso, é prudente o uso de fontes solúveis e com alto grau de pureza visando a máxima eficiência, e a redução de custos.

A alta solubilidade e mobilidade do potássio no solo, em condições de manejo inadequado, podem potencializar as perdas por lixiviação, principalmente em áreas irrigadas e de baixa capacidade de retenção de água e de troca de cátions (Ernani et al., 2007).

O parcelamento das aplicações de potássio é desejável como forma de se evitar as perdas do nutriente. No entanto, para viabilizar economicamente esta operação é necessário o uso do sistema de irrigação, que via fertirrigação, permite mais parcelamentos, aumento da eficiência de distribuição e absorção dos nutrientes reduzindo as perdas por lixiviação (Viana et al., 2020), economia de mão de obra e energia (Jain et al., 2018).

A diminuição do teor de água no solo afeta de sobremaneira a difusão do elemento e, assim, dificulta a absorção. Esse aspecto se torna mais importante pela depleção que ocorre do potássio da solução do solo em torno das raízes. Se a difusão é dificultada, não há reposição do potássio na zona de absorção. Além disso, a falta de água no solo também reduz a atividade das raízes, prejudicando dessa forma a absorção de todos os elementos (Wietholter, 2007).

Poucos são os resultados referenciados sobre o uso da fertirrigação com potássio via gotejamento no cultivo de segunda safra de amendoim, no entanto, acredita-se que a combinação das técnicas gera impactos positivos na produtividade e qualidade de sementes, bem como, garantem a eficiência de uso de água e nutrientes e uso sustentável dos recursos naturais.

Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de amendoim e quantificar a absorção de macronutrientes da cultura, cultivado na segunda safra sob regimes hídricos e manejo de fertilização potássica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma dicotiledônia pertencente à família Fabaceae, gênero *Arachis*, o qual é dividido em 9 secções e cerca de 80 espécies, das quais 65 ocorrem no Brasil e 46 são exclusivas da flora brasileira (Valls, 2005). Dentre as inúmeras espécies conhecidas, a *Arachis hypogaea* L. apresenta maior

interesse agrônomo, sendo algumas utilizadas como fonte de alelos em programas de melhoramento genético.

O amendoimzeiro é uma planta alotetraplóide, que se reproduz quase exclusivamente por autogamia, herbácea, ereta ou prostrada, anual, com ciclo entre 90 e 160 dias, atingindo altura da haste principal entre 50 e 60 cm (Nakagawa e Rosolem, 2011). Desenvolve, logo após a germinação, um ramo principal que se origina da gema apical do epicótilo e dois ramos laterais originados a partir das gemas axilares aos cotilédones. Aproximadamente 30 dias após a emergência se observa o início da ramificação alternada ou sequencial (Nogueira e Távora, 2005).

De acordo com as suas características vegetativas e reprodutivas, o amendoim cultivado é classificado em três grupos distintos, sendo eles: Spanish, Valencia e Virgínia. Os grupos Spanish e Valencia apresentam porte ereto, o ciclo é curto, variando de 90 a 110 dias em clima tropical, as ramificações são em pequeno número, há formação de flores nas axilas das folhas da haste principal. As plantas do grupo Virgínia possuem porte rasteiro ou ereto, são bem ramificadas, com ramos longos, o ciclo é longo, acima de 120 dias, nas axilas das folhas da haste principal não se formam flores (Nakagawa e Rosolem, 2011).

No Brasil dois tipos botânicos, o Valência e o Virginia, são os mais cultivados comercialmente. Com os sistemas mais mecanizados, as cultivares de porte rasteiro (grupo Virgínia) passaram a ser mais comuns, principalmente, por apresentar vantagens agrônomicas, como a arquitetura das plantas para a colheita totalmente mecanizada e maior potencial produtivo (Godoy et al., 1999).

2.2 Importância econômica do amendoim

O amendoim é considerado como a segunda leguminosa em importância no mundo, para a produção de óleo. Suas sementes podem apresentar até 50% de lipídios, mas é também importante fonte de proteína vegetal (Nakagawa e Rosolem, 2011). Essa oleaginosa é a quarta mais cultivada no mundo, estando atrás apenas da soja (*Glycine max* L.), do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e da colza (*Brassica napus* L.), devido a sua ampla adequabilidade em diferentes condições edafoclimáticas.

A produção mundial de amendoim é crescente, alcançando na safra 2020/2021 49 milhões de toneladas (USDA, 2021). A China, com 18 milhões de toneladas, a

Índia, com 6 milhões de toneladas, a Nigéria, com 4,40 milhões de tonelada e os EUA com 2,87 milhões de toneladas, são os maiores produtores.

No Brasil, a produção total é de 557,5 mil toneladas em 160,5 mil ha, no entanto, mesmo com a menor área de produção, o país se iguala, em rendimento (3654 kg ha^{-1}) ao maior produtor mundial (CONAB, 2020). O estado de São Paulo se destaca como grande produtor, representando cerca de 95% da produção nacional (CONAB, 2020).

A representatividade paulista deve-se ao fato de a cultura do amendoim ser produzida em áreas de renovação de canaviais, sendo fortalecido como ótima opção de cultivo tanto na questão econômica, garantindo alternativas viáveis para os produtores, quanto no agrícola, promovendo a fixação biológica do nitrogênio, o que proporciona economia na adubação do novo plantio da cana-de-açúcar (Ambrosano et al., 2011).

O cultivo do amendoim é realizado em duas épocas, a primeira, conhecida como “safra das águas”, é semeada entre outubro e novembro, enquanto a segunda safra, conhecida como “safra da seca”, é semeada entre fevereiro e março. A segunda safra é uma estratégia para produtores que desejam obter maior retorno econômico com a cultura e que se dedicam a outras atividades que não seja a canavieira (Martins, 2010). A segunda safra representa 4,5% da área anual brasileira ($160,5 \cdot 10^3 \text{ ha}$), (CONAB, 2020). Essa porcentagem pequena, demonstra a importância de pesquisas com amendoim nessa época para gerar recomendações agronômicas mais específicas, visando garantir maior produtividade da cultura.

O cultivo de amendoim na segunda safra, requer tratamentos especiais que diminuam os riscos climáticos e que garantam a segurança para alcançar elevadas produtividades, destacando dentro desse contexto a utilização de sistemas de irrigação, uma vez que veranicos são muito frequentes nessa época do ano, podendo diminuir significativamente o potencial produtivo da cultura (Coelho et al., 2017).

A irrigação vem como tecnologia que associada a práticas de adubação pode potencializar a produção de amendoim e eventualmente atender à crescente demanda do produto internamente e externamente (Chartzoulakis e Bertaki, 2015).

2.3 Fertilização potássica na cultura do amendoim

A planta de amendoim é eficiente em absorver os nutrientes do solo, seja fósforo ou potássio e, no caso do nitrogênio, há suprimento através da fixação simbiótica do N atmosférico (Nakagawa e Roselem, 2011). Entretanto, a nutrição adequada do amendoim é primordial para a obtenção de alta produção e boa qualidade dos frutos, por mais que esta seja classificada como cultura pouco exigente em adubação (Bolonhezi et al., 2005).

Embora todos os nutrientes sejam igualmente importantes na nutrição do amendoim, sua absorção varia em proporções diferentes. O potássio, depois do nitrogênio, é o segundo nutriente mais absorvido pela cultura do amendoim, (Silva et al., 2017). A maior parte do potássio se move no solo por difusão, e tem como principal função a ativação enzimática na planta e, uma vez absorvido, é transportado rapidamente via xilema, para a parte aérea (Prado, 2008).

Os resultados de pesquisa têm destacado a importância do suprimento adequado de potássio na cultura do amendoim. Almeida et al. (2015), avaliaram o efeito da aplicação de 0, 30, 60, 90 e 120 kg de K_2O ha^{-1} sobre o estado nutricional e rendimentos de grãos de amendoim em sucessão à cana-de-açúcar. Os autores constataram que a aplicação do potássio aumentou linearmente o número de folhas e a concentração do potássio no tecido foliar. Zaki et al. (2018), estudaram efeito da aplicação de 0, 75 e 100 kg de K_2O ha^{-1} na cultura do amendoim cultivado em solo arenoso, durante dois anos. Os autores observaram resposta positiva entre o nível de potássio, o desenvolvimento da planta e seu rendimento em massa, óleo e proteína.

Por outro lado, Lobo et al. (2012) observaram que a omissão de potássio nas plantas de amendoim não promoveu sintomas visíveis de deficiência e não limitou o acúmulo de massa seca de folhas e hastes. Hoang et al. (2019), estudaram aplicação de 0, 50, 75 e 100 kg de K_2O ha^{-1} em safras de amendoim irrigadas em solo arenoso com baixo teor de potássio. Matematicamente, os autores observaram que o tratamento controle teve o menor rendimento de vagem, no entanto, não houve efeito estatístico significativo entre os três tratamentos com aplicação de potássio.

2.4 Exigência hídrica na cultura do amendoim

Na agricultura irrigada é preciso conhecer os fatores determinantes no manejo da irrigação que interferem diretamente no maior ou menor consumo de água, no armazenamento da umidade do solo e no conhecimento das necessidades hídricas das culturas (Lopes et al., 2011). O consumo de água pelo amendoim varia em função de fatores como cultivar, ciclo, época de plantio, tipo de solo e região de cultivo.

A cultura do amendoim é considerada relativamente tolerante à seca, com baixa exigência hídrica na fase inicial do crescimento vegetativo, e vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo a máxima exigência durante o florescimento e formação de vagens (Nakagawa e Rosolem, 2011). Nakagawa e Rosolem (2011) afirmam ainda que, a máxima necessidade diária está em torno de 5,0 a 6,0 mm, podendo atingir valores maiores em condições de alta demanda evaporativa da local.

Para a cultura do amendoim, Baldwin e Harrison (1996) reportaram que a cultura necessita entre 508 mm e 636 mm de água durante o ciclo para expressar sua produtividade máxima. Cardozo et al. (2009) avaliando a evapotranspiração da cultivar Runner IAC 886 em diferentes meses de semeadura, na região de Jaboticabal, SP, reportam o uso de 850 e 450 mm para semeio realizados em abril e janeiro, respectivamente, demonstrando maior exigência hídrica da cultura nos meses de menores temperaturas, devido ao alongamento do ciclo. França et al. (2021), cultivando o amendoim na segunda safra com finalidade de produção de sementes, relatam 470 mm de água requerida durante o ciclo do amendoim.

A cultura do amendoim está sujeita a múltiplos estresses abióticos, dentre eles a deficiência hídrica, ocasionada por períodos sem precipitação, ou com precipitações abaixo da demanda da cultura (Arruda et al., 2015). A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (Alves, 2013).

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo Larcher (2000) e Taiz et al. (2017), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Outros efeitos do déficit hídrico incluem a redução no desenvolvimento das células, expansão das folhas, transpiração e redução na translocação de assimilados (Carrega et al., 2019).

A medida em que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorverem água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas. Os efeitos da irrigação deficitária no amendoim foram relatados por alguns pesquisadores. Azevedo Neto et al. (2010) afirmaram que o déficit hídrico reduziu crescimento da planta, a transpiração, a condutância estomática e o potencial hídrico da folha. Silva et al. (2015) relataram que o déficit hídrico reduziu a área foliar tanto pelo número quanto pelo tamanho da folha. Aydinsakir et al. (2016) concluíram que o aumento do déficit hídrico, reduziu a altura de plantas, comprimento do ramo principal, peso seco da parte aérea e da raiz e o rendimento. Barbieri et al. (2017) também reportaram que a ocorrência de déficit hídrico, acarreta decréscimo na produção, pela redução do número vagens, peso de vagens e grãos.

Assim, a utilização de estratégias de irrigação que venha a minimizar os impactos do déficit hídrico, melhorando o rendimento sob condições de seca, seria o caminho mais eficaz para o crescimento do amendoim sob fornecimento limitado de água (Thangthong et al., 2018).

2.5 Fertirrigação em amendoim

No Brasil, o amendoim tem sido tradicionalmente cultivado em condições de sequeiro, sujeito ao elevado risco causado pelas variações climáticas, incluindo a irregularidade de chuvas, ocasionando baixas produções (Turco e Vieira, 2021). A irrigação surge como alternativa para fornecer água às plantas em qualquer época do ano e em locais onde as necessidades hídricas das culturas não são atendidas naturalmente, além de garantir uma segurança para a obtenção de elevadas produtividades (Frizzzone, 2012).

Na busca de aumentar a eficiência de uso de água, é cada vez mais requerida a adoção de sistemas de irrigação localizada, como o gotejamento. Este sistema apresenta características desejáveis de maior eficiência de aplicação e controle, automação total e fertirrigação, requerendo menor demanda de energia e de mão-de-obra (Jain et al., 2018).

A aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação às culturas tem grande importância, tanto do ponto de vista técnico como econômico. A fertirrigação, além de ser de grande utilidade para as plantas, pois o nutriente é

fornecido juntamente com a água, apresenta ainda muitas outras vantagens, entre as quais a de melhor distribuição do fertilizante no campo e a possibilidade da aplicação dos nutrientes recomendados de maneira parcelada, segundo a marcha de absorção da cultura nos seus diferentes estádios de desenvolvimento (Viana et al., 2020).

O amendoim responde bem a fertirrigação, e a utilização desta técnica nesta cultura tem proporcionado a elevação da produtividade e da qualidade dos grãos. Trabalhos de pesquisa, como os realizados por Sousa et al. (2013), evidenciaram uma superioridade do método fertirrigado em relação ao convencional de 438,46 kg ha⁻¹ (28,64%) de grãos de amendoim. Em estudo sobre fertirrigação por gotejamento Jain e Meena (2015), verificaram que a aplicação 150, 226 e 250 kg ha⁻¹ do fertilizante solúvel por gotejamento proporcionou maior rendimento de grãos, acúmulo de nutrientes, teor de óleo, produção de proteínas e maior produtividade de água. Dentro deste contexto, Jain et al. (2018) constataram correlação direta crescente entre níveis de fertirrigação, a altura da planta de amendoim, a massa seca da planta, o número e a massa de vagens. Os mesmos autores verificaram 37% de economia de água com irrigação por gotejamento sobre o método de irrigação por superfície.

Com fertilizante potássico aplicado via água de irrigação, Ouda et al. (2018) estudando os níveis de 0,7; 1,0 e 1,2 da fração da ETo) e a aplicação de 57, 86 e 114 kg de K₂O ha⁻¹, concluíram que a aplicação de 0,7 da ETo reduziu a altura de planta, a massa da vagem por planta, o rendimento de vagem e o teor de óleo da semente. Os autores ainda afirmam que as características do amendoim acima foram aumentadas com aplicação de 1,2 da ETo e 114 kg ha⁻¹ de K₂O, devido a disponibilidade de água na zona radicular o que aumenta a disponibilidade de potássio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O experimento foi conduzido em campo, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo (21°15'22" S, 48°18'58" W, 595 m de altitude). O clima da região, segundo a

classificação de Koppen, é do tipo Aw, tropical com precipitação média anual de 1.425 mm e temperatura média anual de 21,7 °C (Alvares et al., 2013).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2018), cujos atributos físicos e químicos são apresentados na Tabela 1. As amostras foram retiradas aleatoriamente dentro das parcelas, à profundidade de 0,20 a 0,40 m.

Tabela 1 Atributos físicos e químicos do solo da área experimental. Jaboticabal, SP, Brasil.

Camada (cm)	ds*	CC*	PMP	Areia			Argila	Silte	Textura do Solo	
	g cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	-----g kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹			
0-20	1,45	0,45	0,33	230			540	230	Argiloso	
	pH	M.O*	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB*	CTC*	V*
Camada (cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	Mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
0-20	6,2	16	39	2,6	30	10	14	42,7	56,4	76
20-40	6,1	18	25	2,5	30	11	18	44	61,7	71

*ds: densidade do solo; CC: Capacidade de campo; PPM: Ponto de murcha permanente; SB – soma de bases, CTC – capacidade de troca catiônica, V – saturação por bases.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi delineado em faixas, considerando o regime hídrico (RH) divididos em faixas. Dentro de cada RH foram constituídos por manejo de fertilização (MF) também dispostos em faixas com cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se de dois RH [100% e 50% da evapotranspiração da cultura (ET_c)] e três MF [F1 - Fertirrigação de acordo com a marcha de absorção da cultura, F2 - Fertirrigação parcelada em quatro vezes durante o ciclo e F3 - Fertilização convencional].

3.3 Instalação e condução do experimento

O preparo do solo foi convencional realizado por operações de subsolagem a 35 cm de profundidade, seguida de duas gradagens niveladoras. A semeadura da cultivar IAC 503 foi mecanizada, no espaçamento de 0,90 m entre linhas, com 22 sementes por metro. A cultivar apresenta hábito de crescimento rasteiro e indeterminado, com moderada resistência a doenças foliares, seu ciclo é longo, de

130 a 140 dias, podendo estender-se por 145 a 150 dias dependendo das condições climáticas do ano (Godoy et al., 2017).

O experimento foi instalado em 18 de abril de 2020 numa área de 1078 m², com 18 linhas, totalizando 30 parcelas. Cada parcela foi composta por 3 linhas da cultura, com 9 m de comprimento. Foi contabilizado um estande inicial de 16 plantas por metro linear. As duas linhas da extremidade, bem como 0,5 m de cada extremidade das linhas centrais foram consideradas como bordadura, não sendo utilizadas para as avaliações, sendo a área útil de 2 m².

Para cada linha de plantas foi instalada uma linha com gotejadores integrados e espaçados em 0,30 m, com 1,5 L h⁻¹, operando com 1,25 kgf cm⁻². Em teste hidráulico realizado em campo obteve-se 95,86% para o coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC e 87,75% para o coeficiente de uniformidade de distribuição – CUD (Keller e Karmeli, 1975), considerados excelentes para o sistema de gotejamento (Mantovani et al. 2009).

De acordo com análise do solo, seguindo-se as recomendações de Raij et al. (1997), foi feita a adubação de semeadura com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O. Nos tratamentos sob o MF convencional (F3), a fertilização foi realizada como o cloreto de potássio (KCl), em uma aplicação única. Nos tratamentos sob o MF F1 e F2 a fertirrigação foi realizada a partir dos 27 dias após a semeadura (DAS). Aplicou-se 19,48 kg ha⁻¹ de Krista SOP nos estádios vegetativos e 110,42 kg ha⁻¹ de Krista SOP nos estádios reprodutivos, no qual foi subdividido conforme os manejos da fertirrigação (Tabela 2). As porcentagens de fertilizantes utilizadas nos manejos de fertilização sob fertirrigação foram adaptadas aos teores de potássio encontrados por Silva et al. (2017), em plantas de amendoim.

O controle fitossanitário das plantas foi feito a aplicação de inseticida Clorantniliprole e Tiametoxam na dosagem de 100 mL ha⁻¹, para o controle de tripes (*Enneothrips flavens*), Lagarta-do-pescoço-vermelho (*Stegasta bosquella*) e larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*), respectivamente. Utilizou-se também fungicidas clorotalonil (isoflalonitrila) e piraclostrobina nas dosagens 1,5 L ha⁻¹ e 0,6 L ha⁻¹ para o controle de cercosporioses (mancha-preta - *Pseudocercospora personata*, e mancha-castanha - *Cercospora arachidicola*). E para o controle de plantas daninhas foram realizadas capinas manuais.

Tabela 2 Programa de fertirrigação usado para o amendoim cultivado em segunda safra. Jaboticabal, SP, Brasil.

Estádios Fenológicos	DAS	Fertilização	Fertirrigação (Marcha de absorção)	Fertirrigação Parcelada 4 vezes
		%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
EV			Krista SOP	Krista SOP
V5	27	15%	19,48	19,48
ER				
R1	45		12,99	38,97
R1	55	30%	12,99	0
R2	76		12,99	0
R3	91		11,69	58,45
R3	102		11,69	0
R4	112	45%	11,69	0
R5	129		11,69	0
R5	137		11,69	0
R6	144		3,25	13,00
R6	151	10%	3,25	0
R7	168		3,25	0
R7	174		3,25	0

EV: Estádio vegetativo; ER: Estádio Reprodutivo; R1– Florescimento; R2-Formação de ginóforo; R3-Formação de vagem; R4-Vagem totalmente formada; R5-Formação de semente; R6-Semente totalmente formada; R7-maturação (Boote, 1982). DAS – Dias após a semeadura; Krista SOP (fonte de K 51% e S 18).

3.4 Condições meteorológicas e manejo da irrigação

A faixa de temperatura ideal para o crescimento adequado do amendoim está entre 10 °C (temperatura mínima) e 33°C (temperatura máxima) (Plela e Ribeiro, 2000; Awal e Ikeda, 2003). Durante o período experimental, a temperatura permaneceu dentro de uma faixa aceitável (Figura 1), exceto para os meses de maio e início de julho e final de agosto, nos quais foram observados 7,1 e 7,2 °C e para os meses de setembro e outubro com máximas de 37 e 41,2 °C, respectivamente.

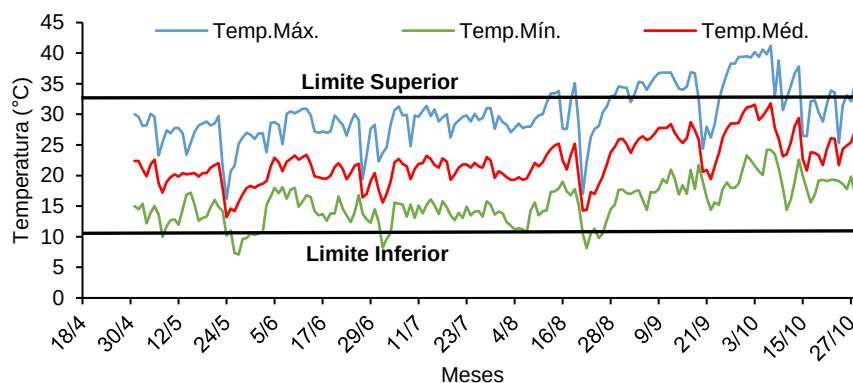


Figura 1 Temperatura máxima, mínima e média, no período experimental. Jaboticabal, UNESP, 2020.

O manejo da irrigação foi realizado considerando o déficit hídrico acumulado em dois dias de turno de rega. A reposição da lâmina de água perdida foi determinada pela evapotranspiração da cultura (ETc), calculada pelo produto entre o coeficiente da cultura (Kc), evapotranspiração de referência (ETo) e fator de correção ($K_L=0,71$), com os valores de Kc interpolados ao longo do ciclo fenológico da cultura, sendo: 0,4 (Inicial); 1,15 (Meia-estação) e 0,6 (Final). A ETo foi obtida na Estação Agroclimatológica da Unesp, localizada próximo da área experimental, que utiliza o método proposto por Penman-Monteith (Allen et al., 1998) para o cálculo deste parâmetro.

A lâmina bruta aplicada foi corrigida pela eficiência do sistema de irrigação de 86%. A ETc acumulada durante o período experimental foi de 408,07 mm, atingindo máximo diário de 4,33 mm dia⁻¹, e precipitação acumulada de 64,8 mm (Figura 2). As plantas submetidas ao regime hídrico de 100% e 50% da ETc receberam lâmina de 386,91 e 193,45 mm. Desta forma, as lâminas totais (chuva + irrigação) recebidas nos tratamentos foram 451,71 mm e 258,26 mm, respectivamente.

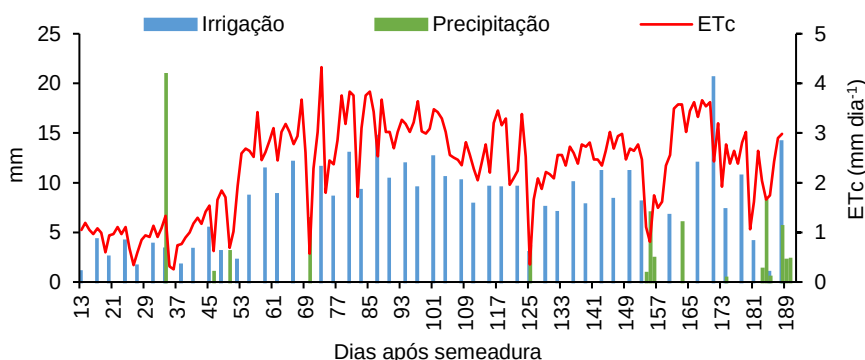


Figura 2 Lâmina de irrigação, precipitação e evapotranspiração da cultura (B) de amendoim cultivado em segunda safra. Jaboticabal, UNESP, 2020. Barras de lâmina de irrigação indicam os valores aplicados pelo manejo de 100% da ETc.

O monitoramento de umidade foi realizado com o auxílio de sondas TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), instaladas na camada de 0 a 0,20 m (Figura 3). Foram feitas leituras semanalmente, usando o recurso de leituras automatizado do sistema. Baseia-se no tempo de reflexão de pulsos elétricos propagados ao longo de uma sonda introduzida no solo. A sonda, composta por duas hastes paralelas, atua como condutores e o solo como meio dielétrico.

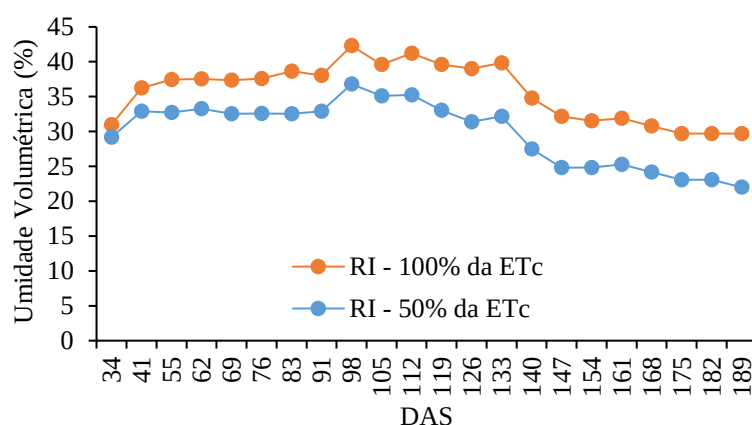


Figura 3 Umidade volumétrica do solo para o regime hídrico com 100% e 50% da evapotranspiração da cultura (ETc) impostos ao cultivo de amendoim de segunda safra.

3.5 Variáveis analisadas

Dos 25 dias após a semeadura até a colheita foram realizadas 12 medições para as seguintes características agrônômicas da cultura: a) altura da haste principal de plantas de amendoim: foram medidas alturas de 5 plantas na parcela com auxílio de uma trena a partir da base da haste principal até a última gema do meristema apical. b) Taxa de cobertura do solo pelo dossel da cultura: com auxílio de uma armação retangular de 1 m² feito com tubos de PVC, foram escolhidos dois pontos aleatórios dentro da parcela de cada tratamento e colocou-se o material em cima da cobertura foliar do amendoim. Através de uma câmera digital, foi tirada uma foto posicionando o retrato na armação e posteriormente foram realizadas leituras com o auxílio do software Canopeo®, que permite o processamento de imagens gerando valores em porcentagem referentes à cobertura vegetal, captando apenas a coloração verde (Patrignani e Ochsner, 2015).

A partir de 25 DAS foram realizadas 13 coletas de plantas no intervalo de 14 dias, coletando-se 3 plantas nas linhas externas da parcela, nas quais foram usadas para obter número de plantas suficientes até a colheita. Após as amostras serem colhidas, estas foram levadas ao laboratório, onde foram lavadas e secas em estufa à 65 °C até atingir massa constante. O material seco foi pesado, sendo então obtida a massa seca da parte aérea. Após esta operação, o material foi moído e as amostras foram submetidas às determinações de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo método descrito

por Bataglia et al. (1983). Com base no teor de N, P, K, Ca, Mg e S e o valor da massa seca, calculou-se o acúmulo de cada nutriente na parte aérea das plantas.

A colheita do amendoim foi realizada aos 191 DAS. Das plantas colhidas, determinaram-se o número de vagens por planta e massa fresca de vagens, em seguida as vagens foram colocadas na estufa a 105 °C, por 24 horas (Brasil, 1992), para determinação do teor de água e calculou-se a produtividade de vagens e sementes (kg ha^{-1}) padronizando a umidade em $0,08 \text{ g g}^{-1}$ (base úmida). Das vagens colhidas, também, avaliou-se, a massa seca de vagens, número de sementes por planta, e massa de 100 sementes.

A eficiência do uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) para a produtividade de sementes foi obtida pela relação entre a produtividade de sementes e a lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade dos erros (Royston, 1995) e homogeneidade de variância (Gastwirth et al., 2009), sendo submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e, quando significativo, as médias entre os tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as variáveis que foram determinadas ao longo do ciclo da cultura, como a altura de plantas, taxa de cobertura do solo pelo dossel da cultura, massa seca da parte aérea e absorção de nutrientes realizou-se regressão polinomial em função do tempo para cada tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento Vegetativo

Nas Figuras 4A e 4B se encontram as curvas de crescimento da altura da haste principal de plantas amendoim em função dos regimes hídricos (RH) e de manejo de fertilização (MF). A máxima altura de plantas no RH com 100% da ETc foi de 17; 21,48 e 23 cm para os MA F3, F1 e F2, respectivamente. Plantas de amendoim sob o RH com 100% da ETc associado ao MA F2 tiveram um aumento de 35% em relação ao MF F3.

Já no RH com 50% da ETc, a máxima altura de plantas foi de 18 cm. Comparando os dois RH, observou-se que o RH com 50% da ETc reduziu em 22% a altura de plantas. Essas observações corroboram com informações contidas na literatura, em que o déficit hídrico promove redução da altura de plantas do amendoim (Aydinsakir et al., 2016). A fertirrigação proporcionou alto grau de umidade num pequeno volume de solo bem como a distribuição uniforme do nutriente, o que favoreceu a absorção de nutrientes e, por sua vez, na melhoria do crescimento vegetativo e vigor das plantas em comparação com o método convencional de aplicação de nutrientes no solo.

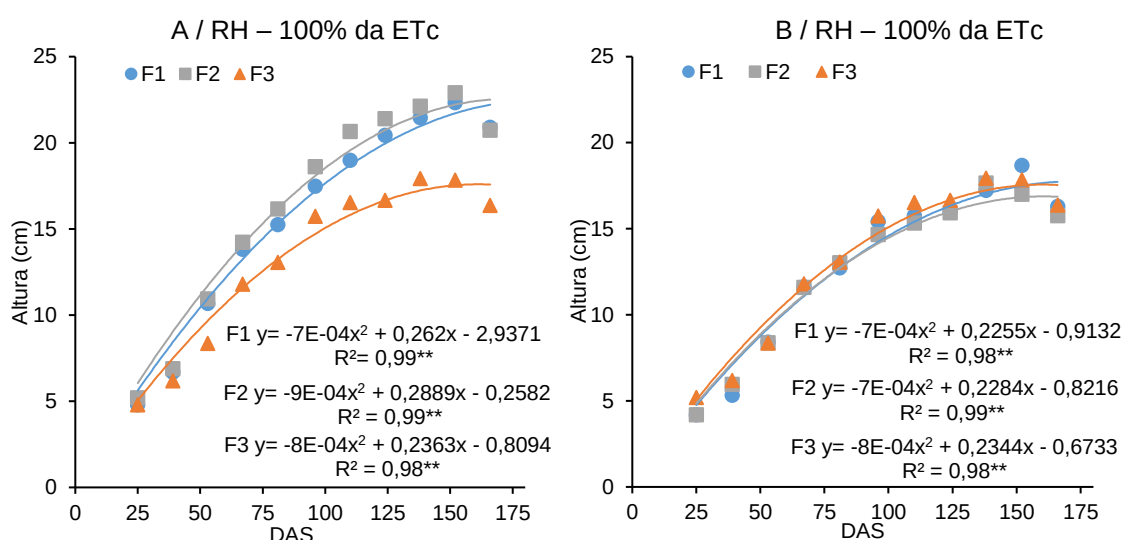


Figura 4 Altura da haste principal de plantas de amendoim, cultivado em segunda safra, em função do regime hídrico 100% (A) e 50% da ETc (B) e fertilização. F1- Fertirrigação de acordo com marcha; F2- Fertirrigação parcelada em 4 vezes; F3- Fertilização convencional.

O sistema de irrigação por gotejamento permite maior número de aplicações de fertilizantes em intervalos diferentes, na zona ativa das raízes, reduzindo o risco de lixiviação dos nutrientes (Frizzzone, 2012). Jain et al. (2018) trabalhando com a cultura do amendoim, concluíram que aumento sucessivo nos níveis de fertirrigação por gotejamento incrementou a altura de plantas.

Na média geral, os resultados de cobertura do solo pelo dossel da cultura mostram pouca variação entre os dois RH (Figura 5 A e B). Para estas características, resultados opostos foram evidenciados por França et al. (2021) que constataram

maior cobertura do solo em plantas de amendoim que receberam maior lâmina de irrigação por aspersão.

Quanto ao efeito do MF na cobertura do dossel, no RH com 100% da ETc o MA F2 proporcionou um acréscimo de 13 e 20% em relação aos MA F1 e F3, respectivamente (Figura 5A). No entanto essa variação diminui entre os MF no RH com 50% de ETc (Figura 5B).

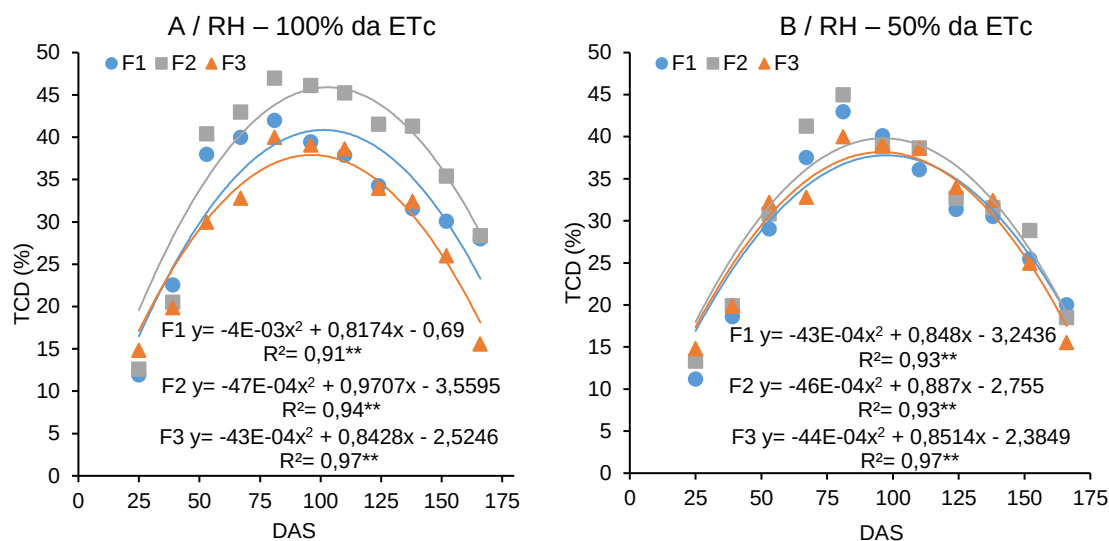


Figura 5. Taxa de cobertura do solo pelo dossel da cultura de plantas de amendoim, cultivado em segunda safra, em função do regime hídrico 100% (A) e 50% da ETc (B) e de fertilização. F1- Fertilirrigação de acordo com marcha; F2- Fertilirrigação parcelada em 4 vezes; F3- Fertilização convencional.

Segundo Yuan et al. (2019), na medida em que o desenvolvimento da planta de amendoim avança, o dossel se torna maior e mais denso. A partir daí, devido ao avanço do ciclo da cultura, a taxa de cobertura do solo pelo dossel do amendoim diminui em função da abscisão de folhas. Além disso, antes do período reprodutivo os fotoassimilados são, em grande parte, canalizados para o crescimento vegetativo, sendo que no período reprodutivo surgem novos “drenos”, representados pelos órgãos de reprodução, cujo desenvolvimento é prioritário.

O efeito positivo da fertilização potássica via fertilirrigação sobre a cobertura do solo pelo dossel da cultura está condicionado ao fornecimento contínuo e parcelado desse nutriente, fornecendo-o quando a cultura mais necessita. Assim, o MF por fertilirrigação promove maior crescimento da parte aérea do amendoim em relação ao MF convencional, interferindo diretamente na taxa de cobertura do solo. O

fornecimento adequado do K é necessário, pois esse cátion exerce várias funções no metabolismo vegetal, sendo ativador de enzimas durante o processo de fotossíntese, respiração e síntese de proteínas, atuando também na abertura estomática, no transporte via floema, na osmorregulação e na extensão celular (Prado, 2008). Além disso, o potássio desempenha papel importante no equilíbrio hormonal, influenciando o aumento do nível de auxina, um hormônio importante para o crescimento da planta (Rubio et al., 2009).

De acordo com Wietholter (2007), em situações de déficit hídrico e em lavouras com alto potencial de rendimento definido por outros fatores que não o K, pode ocorrer deficiência desse elemento em solos com teores bem maiores que 40 mg dm^{-3} de K. Apesar de a atividade de K aumentar na solução do solo quando ocorre redução do teor de água, o processo de difusão é diminuído devido ao efeito do teor de água no fluxo de íons por difusão.

A massa seca da parte aérea atingiu valor máximo de 35; 36 e 44 g planta^{-1} para os MF F3, F1 e F2 no RH com 100% da ET_c (Figura 6A), porém observou-se pequena variação entre os manejos de fertilização até a formação vagens e sementes. No RH de 50% da ET_c , o déficit hídrico reduziu em 32 % a MSPA, o valor máximo da MSPA foi de 22,14; 26,25 e 29,33 g planta^{-1} para os MF F2, F3 e F1 (Figura 6B). Comparando o crescimento inicial entre os manejos de irrigação, em RH com 100% da ET_c o amendoim já tem início no seu crescimento aos 50 DAS com posterior intensificação da parte vegetativa, e a 50% da ET_c foi a partir de 75 DAS, ou seja, já houve ocorrência de um atraso, evidenciando um crescimento lento com redução na expansão foliar assim como no desenvolvimento da planta.

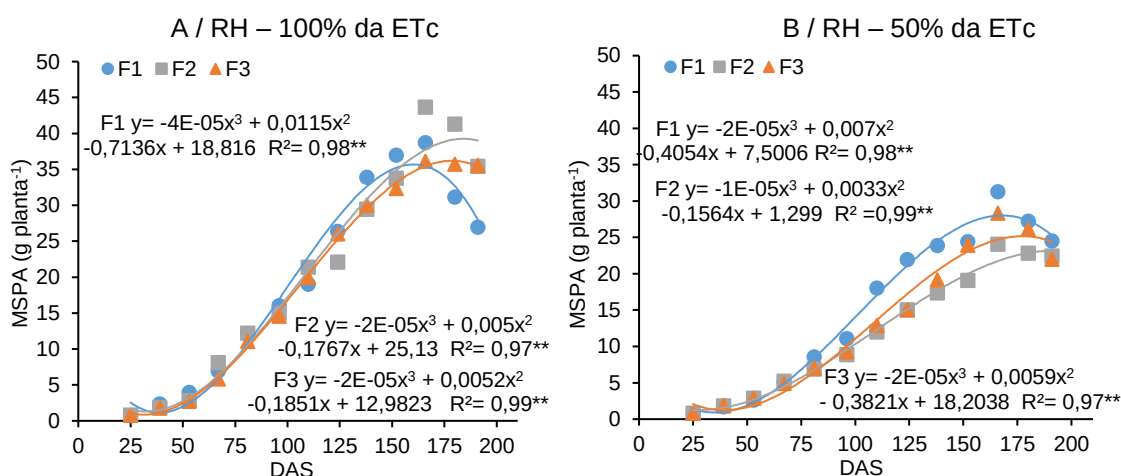


Figura 6 Massa seca da parte aérea de plantas de amendoim, cultivado em segunda safra, em função do regime hídrico 100% (A) e 50% da ETc (B) e de fertilização. F1- Fertirrigação de acordo com marcha; F2- Fertirrigação parcelada em 4 vezes; F3- Fertilização convencional.

A irrigação, bem como a disponibilidade de nutrientes favorecem o desenvolvimento vegetativo da planta, inclusive na produção e manutenção das folhas. No entanto, quando ocorre a diminuição de água disponível no solo, as plantas reduzem a transpiração cada vez mais, diminuindo tanto a abertura estomática como o tempo em que os estômatos permanecem abertos. Isso ocorre, pois, segundo Larcher (2000) plantas sob condição de deficiência hídrica perdem turgescência, reduzindo o processo fotossintético, além de diminuir a expansão celular e o seu crescimento.

4.2 Parâmetros de rendimento

Verificou-se interação significativa ($p < 0,05$) dos fatores MF e RH para as variáveis: número de vagens por planta (NV), massa fresca de vagem por planta (MFV) e número de sementes por planta (NS) (Tabela 3). Analisando a interação do NV, verificou-se que houve diferenças entre MF apenas para o RH de 100% da ETc, sendo que a F3 proporcionou maior valor de NV. Em relação ao RH com 100% da ETc, o NV foi menor no RH de 50% da ETc nos três manejos de fertilização, devendo-se isso à redução da disponibilidade de água para a cultura, especialmente durante o período de formação de vagens (Figura 3). A fertilização convencional e o RH de 100% da ETc proporcionaram as maiores médias de NV.

Quanto a MFV e o NS, observaram-se as mesmas tendências do NV, em que o RH de 100% da ETc promoveu maiores médias em relação ao RH de 50% da ETc para os MF. Esses resultados estão de acordo com os resultados de Silva et al. (2015), Barbieri (2017) e Zaki et al. (2018), que afirmam existir, frequentemente, redução no número de vagens e de grãos do amendoim quando submetido a baixos níveis de umidade de solo. De acordo com Azevedo et al. (2014), o déficit hídrico nas fases de crescimento e desenvolvimento dos ginóforos e das vagens acarreta decréscimo na produção pela redução no número de vagens e massa.

Tabela 3 Média das interações significativas da análise de variância referentes ao número de vagens por planta (NV), massa fresca de vagem (MFV) e número de sementes por planta (NS) de amendoim (segunda safra) cultivado sob os regimes hídricos e de manejo de fertilização. Jaboticabal, SP, Brasil.

Manejo de fertilização (MF)	Regime Hídrico (RH)		Regime Hídrico (RH)		Regime Hídrico (RH)	
	100%ETc	50%ETc	100%ETc	50%ETc	100%ETc	50%ETc
	NV planta ⁻¹		MFV g planta ⁻¹		NS planta ⁻¹	
F1	10,66 b	8,42 a	21,43 b	15,84 a	10,44 b	8,34 a
F2	10,40 b	6,54 a	20,19 b	12,70 a	10,32 b	6,28 a
F3	16,39 a	7,19 a	33,10 a	15,04 a	16,62 a	6,84 a
Teste F	8,75**		5,79*		4,59*	
CV (%)	20		22		29	

**significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a massa seca de vagens (MSV), produtividade de sementes (PS), produtividade de vagens (PV) e eficiência de uso de água (EUA), ocorreram diferenças somente entre os RH avaliados (Tabela 4). Para a M100S não houve diferenças para nenhum dos fatores estudados. Nenhuma das variáveis estudadas foram influenciadas significativamente pelos MF.

Tabela 4. Médias de massa seca de vagens por planta (MSV), massa seca de semente (M100S), produtividade de semente (PS) produtividade de vagem (PV), e eficiência de uso de água (EUA) de amendoim (segunda safra) cultivado sob os regimes hídricos e manejo de fertilização. Jaboticabal, SP, Brasil.

Manejo de Fertilização (MF)	MSV (g planta ⁻¹)	M100 S (g)	PS (kg ha ⁻¹)	PV (kg ha ⁻¹)	EUA (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
F1	7,79 a	64,29 a	1925,1 a	2566,9 a	7,70 a
F2	7,08 a	67,50 a	2111,8 a	2658,1 a	7,50 a
F3	9,90 a	63,54 a	2269,1 a	3137,9 a	8,80 a
Regime Hídrico (RH)					
100% da ETc	10,33 a	66,21 a	2639,3 a	3318,4 a	7,27 b
50% da ETc	6,19 b	64,01 a	1564,7 b	2257,1 b	8,73 a
Teste F	41,77**	1,80 ns	142,86**	19,76*	3,83*
CV (%)	21,25	9,4	11,71	23,46	25,66

F1- Fertirrigação de acordo com a marcha de absorção; F2- Fertirrigação parcelada em 4 vezes; F3- Fertilização convencional; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; ns-não significativo; médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando a MSV por planta, foi observado superioridade de 40% para o RH de 100% da ETc em relação ao RH de 50% da ETc. Esses resultados estão de acordo

com os observados de Arruda et al. (2015), que afirmaram existir, frequentemente, redução na massa das vagens e sementes de amendoim quando submetidas a baixa disponibilidade hídrica. Maior valor dos componentes de produção para o RH de 100% da ETc demonstra que no RH de 50% da ETc o processo de florescimento sofreu redução na fase de formação do ginóforo, provavelmente pela baixa umidade no solo (Figura 3) que desencadeou a falta de turgescência necessária para o crescimento.

A produtividade não foi alterada em função dos manejos de fertilização. Isso pode ser uma consequência do elevado teor de K observado inicialmente neste solo (Tabela 1), resultando assim, em baixa resposta da planta na absorção deste nutriente quando aplicado na cobertura. Observa-se que o teor de K do solo do presente estudo é classificado como “Alto” para culturas anuais, de acordo com Raij et al. (1997).

Segundo Nakagawa e Rosolem (2011), embora se saiba que o amendoim extrai do solo quantidades razoáveis de potássio, as respostas às adubações com este nutriente são, na maioria das vezes, menores do que as esperadas, mesmo em solos com baixo teor desse elemento. Isto se deve, provavelmente, à capacidade que tem o amendoim de extrair o potássio que se encontra no solo sob forma pouco assimilável. Apesar dos resultados contraditórios, há, também, dados consideráveis que indicam efeito positivo da fertirrigação potássica no rendimento da vagem de amendoim (Sousa et al., 2013; Ouda et al., 2018).

A maior produtividade de sementes e de vagens foi constatada no RH de 100% da ETc, superando significativamente em 1074,6 kg ha⁻¹ (69 %) e 1061,3 kg ha⁻¹ (47%) à observada no RH de 50% da ETc, respectivamente. Evidencia-se assim que a produtividade de vagens da cultura do amendoim responde ao volume de água aplicada. Isso ocorre devido à manutenção, em todo o ciclo, de alta disponibilidade de água no solo (Figura 3), que permitiu o pleno desenvolvimento de sua área foliar, maiores taxas de crescimento, assimilação e produção de fotoassimilados (Taiz et al., 2017).

A baixa relação sementes/vagens, associada a menor massa das sementes e número de vagens por planta, contribuiu para a redução da produtividade de sementes de amendoim no RH de 50% da ETc. Sob condições de déficit hídrico, o resultado imediato é a perda da turgescência e, como consequência, a diminuição do potencial

hídrico do tecido, diminuição do volume do vacúolo e o aumento da concentração do protoplasma (Larcher, 2000).

A produtividade de vagens obtida no RH de 100% da ETc foi inferior (3318,4 kg ha⁻¹) à produtividade estimada para a primeira safra do amendoim no Brasil (safra das águas) (CONAB, 2020), que foi de 3.554 kg ha⁻¹. Para a segunda safra (safra das secas) a produtividade estimada foi de 1771 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020), na qual é inferior ao valor obtido no presente experimento, até mesmo para o RH que forneceu 50% da ETc (2257,1 kg ha⁻¹). Isso demonstra que o potencial produtivo do amendoim da segunda safra é elevado e pode gerar elevada renda aos produtores.

A maior EUA (8,73 kg ha⁻¹ mm⁻¹) ocorreu no RH que forneceu 50% da ETc. Estes resultados corroboram com Hussainy e Vaidyanathan (2019), Dias et al. (2019) e Saudy et al. (2020), que estudaram a eficiência de uso da água na cultura do amendoim sob diferentes lâminas de irrigação. Os autores também verificaram que a EUA decai com o incremento da lâmina de irrigação aplicada.

À medida que a turgescência começa a diminuir são iniciadas medidas osmorregulatórias, que ajudam no ajustamento osmótico nas raízes e nas folhas e, assim, retarda a perda de turgescência no mesófilo e nas células-guarda, o que significa a manutenção por um tempo maior da abertura estomática e adiamento na produção de ácido abscísico (ABA), resultando na melhora da absorção de água e aumento da EUA (Yu et al., 2020).

4.3 Acúmulo de biomassa e nutrientes pelo amendoim

Com base na biomassa acumulada da parte aérea (Figura 7), plantas de amendoim cultivado sob o RH com 100% da ETc apresentaram aumento na biomassa de 26%; 72% e 55% para os MA F1, F2 e F3, respectivamente, quando comparado com os mesmos MA sob RH com 50% de ETc. No RH com 100% da ETc o acúmulo máximo de biomassa foi de 7148,3 kg ha⁻¹ no MF F2 (Figura 7A). Para o RH com 50% de ETc, o máximo acúmulo foi de 4967,8 kg ha⁻¹ no MA F1 (Figura 7B), o que representa um acréscimo de 43,80% de RH 100% em relação ao RH 50%.

Para o acúmulo de nutrientes na parte aérea do amendoim, observou-se, no início do ciclo, uma taxa de absorção lenta até o início do florescimento e emissão dos ginóforos, com posterior intensificação na absorção até atingir um período de máximo

acúmulo. Em ordem decrescente de absorção, o nitrogênio (N) foi o nutriente acumulado em maior quantidade, seguido pelo potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e fósforo (P) (Figuras 8 e 9). Este padrão de absorção também foi observado em outros trabalhos com o acúmulo de nutrientes pela cultura do amendoim (Coelho e Tella, 1967; Feitosa et al., 1993; Silva et al., 2017).

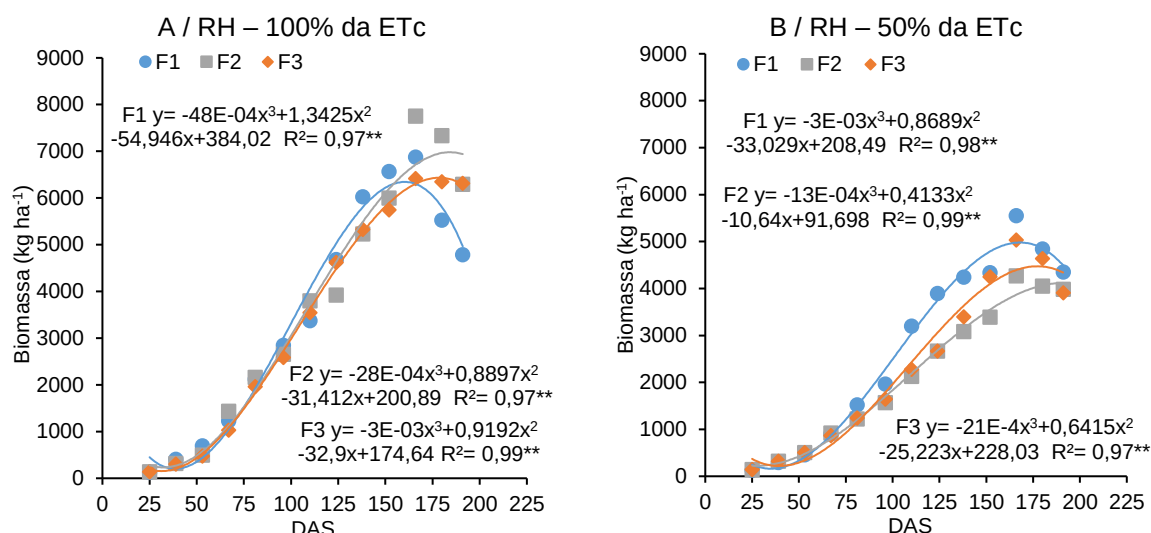


Figura 7. Acúmulo de biomassa na parte aérea de plantas de amendoim, cultivado em segunda safra, em função do regime hídrico 100% (A) e 50% da ETc (B) e de fertilização. F1- Fertirrigação de acordo com marcha; F2- Fertirrigação parcelada em 4 vezes; F3- Fertilização convencional.

A quantidade máxima de N acumulada no RH com 100% da ETc foi estimada em 194; 212 e 216 kg ha⁻¹, para os MA F3, F1 e F2 (Figura 8A). No RH com 50% de ETc o máximo acúmulo de N foi de 100; 117 e 141 kg ha⁻¹ nos MA F2, F3 e F1 (Figura 8B). O MA F2 proporcionou um aumento na absorção de N de 11% quando comparado com o MA F3 no RH com 100% da ETc. Por outro lado, no RH com 50% da ETc o MA F1 teve um acréscimo de 41% em relação ao MA F3, respectivamente. O amendoim é capaz de atender às suas necessidades de nitrogênio tanto pela fixação simbiótica de nitrogênio pelos nódulos radiculares como pelo nitrogênio do solo.

Quanto ao fósforo, no RH com 100% da ETc o máximo acúmulo foi de 6,44; 7,22 e 7,52 kg ha⁻¹ para os MA F3, F1 e F2, respectivamente (Figura 8C). O máximo acúmulo no RH com 50% de ETc foi de 3,03; 3,93 e 5,00 referente aos MA F2, F3 e F1 (Figura 8D), respectivamente.

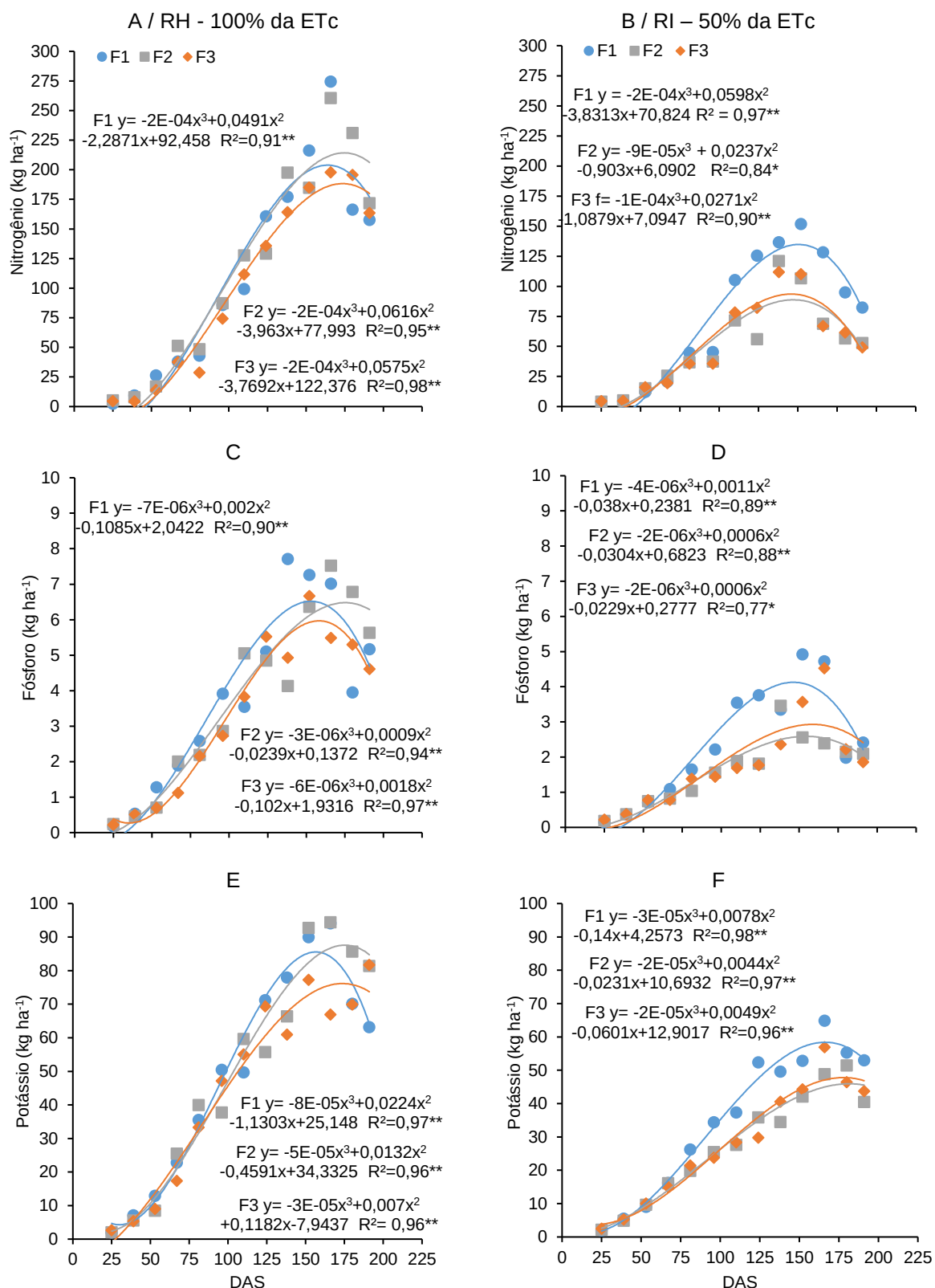


Figura 8 Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio de plantas de amendoim, cultivado em segunda safra, em função do regime hídrico 100% (A) e 50% da ETc (B) e de fertilização. F1- Fertirrigação de acordo com marcha; F2- Fertirrigação parcelada em 4 vezes; F3- Fertilização convencional.

No RH com 100% da ETc o MF F2 proporcionou um aumento de 4 e 16% em comparação ao MA F1 e F3. De forma contrária, no RH com 50% da ETc o MA F1 garantiu um aumento de 27 e 66% em relação ao MA F3 e F2. De acordo com Feitosa et al. (1993), mais de 70% do P absorvido pelo amendoim se encontra nos grãos, o que explica a baixa extração encontrado na parte aérea no presente estudo.

Para o potássio, o amendoim atingiu acúmulo máximo na maturação das sementes, estimado em 77; 86 e 89 kg ha⁻¹ nos MA F3, F1 e F2 para o RH com 100% da ETc, respectivamente (Figura 8E). No RH com 50% da ETc o acúmulo máximo foi de 45; 49 e 56 kg ha⁻¹ nos MA F2, F3 e F1 (Figura 8F), respectivamente. O regime hídrico de reposição total da ETc associado com o MA F2 resultou em um aumento de 16% do K total absorvido em relação ao MA F3. De forma contrária, no RH com 50% da ETc o maior acúmulo foi obtido no MA F1, com aumento de 14% em comparação ao MA F3.

O cálcio foi o terceiro nutriente mais acumulado pela parte aérea do amendoim, em quantidade muito próxima à do potássio (Figura 9). O acúmulo máximo de Ca no RH com 100% da ETc resultou na absorção de 77; 81 e 85 kg ha⁻¹ para os MA F1, F3 e F2 (Figura 9A). O RH com 50% da ETc proporcionou as menores médias de absorção, atingindo acúmulo máximo estimado em 55; 59 e 67 kg ha⁻¹ nos MA F2, F3 e F1 (Figura 9B).

O maior valor de absorção de Ca foi constatado no RH com 100% da ETc com o MA F2, superando em 4 e 10% à observada no MA F3 e F1. Para o RH com 50% da ETc o MA F1 teve um aumento de 14 e 22% comparado ao MA F3 e F2, respectivamente. No solo, o Ca entra em contato com as raízes por fluxo de massa, a qual depende da taxa de fluxo de água pelo solo em direção à planta. Sob condições de déficit hídrico pequena quantidade de Ca atinge as raízes, levando a uma menor absorção do nutriente.

Os valores máximos de acúmulo de Mg foram obtidos na maturação de sementes, com valores de 20; 24 e 32 kg ha⁻¹ nos MA F1, F3 e F2 para o RH com 100% da ETc, respectivamente (Figura 9C).

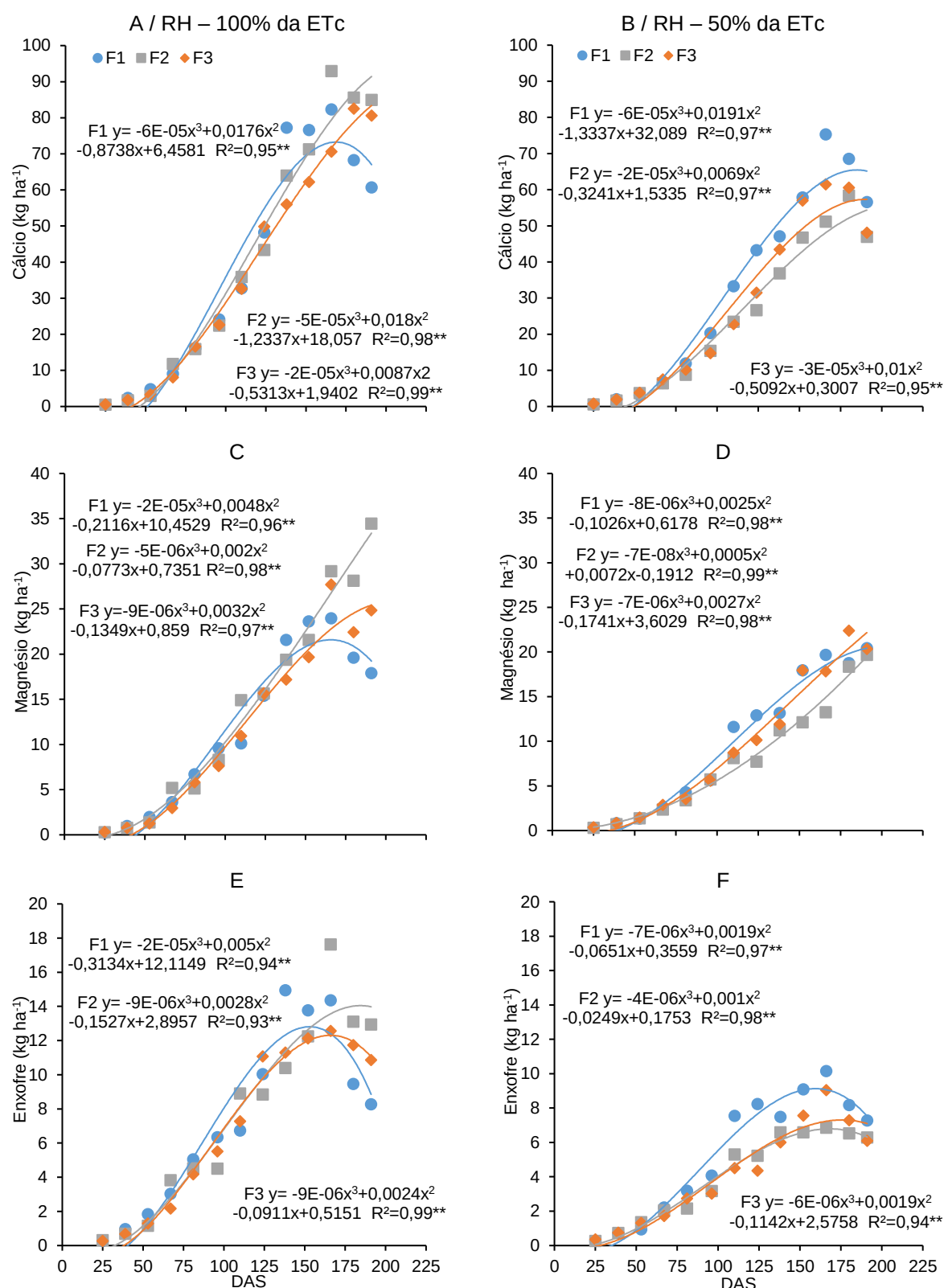


Figura 9. Acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre de plantas de amendoim, cultivado em segunda safra, em função do regime hídrico 100% (A) e 50% da ETc (B) e de fertilização. F1- Fertilização de acordo com marcha; F2- Fertilização parcelada em 4 vezes; F3- Fertilização convencional.

O acúmulo máximo de Mg no RH com 50% da ETc foi de 18; 19 e 22 kg ha⁻¹ nos manejos F2, F1 e F3 (Figura 9D). Em condições de disponibilidade total de água, o MA F2 foi superior em 33 e 60% em relação ao MA F3 e F1. Diferentemente, as plantas sob o MA F3 no RH com 50% da ETc apresentaram aumento de 16 e 22% aos demais manejos de fertilização.

Associado ao fósforo, o enxofre é um dos macronutrientes menos absorvidos e atua sobre o florescimento e formação de vagens, sendo encontrado em maior proporção nos grãos (Nakagawa e Rosolem, 2011). O máximo acúmulo de S encontrado no RH com 100% da ETc foi de 10,5; 12,0 e 13,7 kg ha⁻¹ para os MA F3, F1 e F2 (Figura 9E), respectivamente. No RH com 50% da ETc o máximo acúmulo encontrado foi de 5,5; 7,4 e 8,5 kg ha⁻¹ para os MA F2, F3 e F1 (Figura 9F).

De modo geral, o RH com 100% da ETc proporcionou um aumento na biomassa e maior acúmulo dos nutrientes na parte aérea da planta, devido à água ser o veículo por meio do qual os íons se movimentam da solução do solo para o sistema radicular das plantas, principalmente quando este movimento se dá por fluxo de massa e difusão, aumentando assim a absorção de nutrientes pela cultura em relação ao RH com 50% da ETc, independentemente do nutriente e manejo de fertilização avaliado. Além disso, a biomassa total do amendoim sob o RH de 100% foi superior à biomassa sob RH de 50%, independentemente do manejo de fertilização avaliado, justificando as maiores extrações dos macronutrientes para o RH de 100%.

Na média, observou-se que a restrição hídrica reduziu em 43%, 44%, 40%, 26%, 22% e 41% o acúmulo máximo de N, P, K, Ca, Mg e S do amendoim. Esses resultados corroboram os encontrados por Junjittakarn et al. (2013) que constataram redução de N, K e Ca em plantas de amendoim ocasionado pelo déficit hídrico. Em condições de déficit hídrico, a absorção de nutrientes pelas plantas é geralmente diminuída, devido a redução da atividade das raízes, que está associada à diminuição do movimento da água em direção às raízes e difusão de íons mais lenta (Andrade et al., 2018).

Como a maior parte do K é transportada até à raiz por difusão, mecanismo de transporte regulado pelo teor de água e pela interação do nutriente com os colóides do solo, assim a baixa disponibilidade de água no solo pode afetar a absorção de P e K em decorrência da restrição do crescimento radicular e da capacidade de absorção

da raiz (Wietholter, 2007). À medida que a planta desenvolve e o solo seca, diminui o teor do nutriente que pode ser difundido, justificando, possivelmente, o menor acúmulo observado no RH com 50% da ET_c. Segundo Costa et al. (2009), o maior conteúdo volumétrico de água no solo aumenta o fluxo difusivo, e a absorção de potássio são favorecidas pela manutenção de alta concentração deste nutriente na solução do solo.

Dentre os manejos de adubação estudados, a fertirrigação, independentemente da modalidade estudada, garantiu maiores quantidades de nutrientes absorvidos pelas plantas. Segundo Fanish e Muthukrishnan (2013), a disponibilidade crescente de nutriente na zona radicular das culturas influencia a absorção e o rendimento da colheita. A mesma tendência foi observada por Jain e Meena (2015) e Jain et al. (2018) que registraram aumento significativo na absorção de N, P e K por amendoim com aplicação do fertilizante através da fertirrigação por gotejamento.

Exceto o fósforo, as quantidades de nutrientes extraídas pelas plantas de amendoim observadas neste trabalho foram mais elevadas do que as verificadas por Feitosa et al. (1993). Esses autores observaram máximas extrações de N, P, K, Ca, Mg e S de 192, 13, 60, 26, 20 e 9 kg ha⁻¹, respectivamente. No geral, a fertirrigação aumentou a concentração de todos os nutrientes estudados, isso se deve ao grande desenvolvimento da parte aérea das plantas, proporcionada pelo fornecimento contínuo do fertilizante aplicado.

Os dados obtidos indicam que, o início do florescimento é um dos pontos cruciais no desenvolvimento do amendoim, pois, nesta ocasião, as curvas de percentagem (%) de N, K, e Ca das folhas sobem bruscamente, sendo, portanto, muito importante que a planta encontre, nessa época, os elementos minerais necessários para o desenvolvimento das vagens.

Além disso, os resultados indicam manejos específicos de adubação dependendo da lâmina de irrigação. A maior extração de nutrientes pelo RH com 100% da ET_c demonstra maior necessidade de adubação em relação a manejos de irrigação deficitária, como o RH com 50% da ET_c.

5 CONCLUSÕES

Cultivando o amendoim cultivar IAC 503 no Latossolo Vermelho com textura argilosa é recomendado o uso do regime hídrico com 100% da ETc independente do manejo de fertilização, convencional ou fertirrigação;

A maior taxa de absorção de nutrientes ocorre durante o estágio reprodutivo, correspondendo aos períodos entre a formação das vagens e o enchimento de grãos;

O acúmulo de nutrientes se intensifica aos 166 DAS, com a seguinte ordem decrescente de absorção de macronutrientes: $N > K > Ca > Mg > S > P$.

6 REFERÊNCIAS

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Irrigation and Drainage Paper 56, Rome: FAO, 300 p.

Almeida HJ, Pancelli MA, Prado RM, Cavalcante VS, Cruz FJR (2015) Effect of potassium on nutritional status and productivity of peanuts in succession with sugar cane. **Journal of soil science and plant nutrition** 15:1-10.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22:711–728.

ALVES GMR (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.

Ambrosano EJ, Cantarella H, Ambrosano GMB, Schammas EA, Dias FLF, Rossi F, Trivelin PCO, Muraoka T, Sachs RCC, Azcón R 2011 Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia** 70:810-818.

Andrade FR, Silva GN, Guimarães KC, Barreto HBF, Souza KRD, Guilherme LRG, Dos Reis AR (2018) Selenium protects rice plants from water deficit stress. **Ecotoxicology and environmental safety** 164:562-570.

Arruda IM, Cirino VM, Buratto JS, Ferreira JM (2015) Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 45:146-154.

Awal MA, 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** 81:121-132.

Aydinsakir K, Dinc N, Buyuktas D, Bastug R, Toker R (2016) Assessment of different irrigation levels on peanut crop yield and quality components under Mediterranean conditions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering** 142:1-9.

Azevedo Neto AD, Nogueira RJ, Melo Filho PA, Santos RC (2010) Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **Journal of Plant Interactions** 5:1-10.

Azevedo BM, Sousa GG, Paiva TFP, Mesquita BR, Viana TVA (2014) Manejo da irrigação na cultura do amendoim. **Magistra** 26:11-18.

Baldwin JA, Harrison KA (1996) Determining water use in peanut production. **Irrigation Journal** 46:18-21.

Barbieri JD, Dallacort R, Junior CAF, Freitas PS, Carvalho MA (2017) Peanut cultivars submitted to irrigation levels and nitrogen adubation in tropical climate. **Engenharia Agrícola** 37:1126-1136.

Bataglia OC, Furlani AMC, Teixeira JPF, Furlani PR, Gallo JR (1983) **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico. Boletim Técnico.

Boote KJ (1982). Growth stages of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Peanut science** 9:35-40.

Bolonhezi D (2005) Colheita e pós-colheita do amendoim. In.: Santos RC (Ed.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA, p. 245-262.

BRASIL. Ministério de Agricultura e Reforma Agrária (1992) **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 365 p.

Cardozo NP, Volpe CA, Araújo Júnior IP (2009) Consumo hídrico de dois cultivares de amendoim em função da época de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, **Anais...** Belo Horizonte, p.1-5.

Carrega WC, Martins PDFRB, Bacha AL, Cesarin AE, Oliveira TS, Godoy IJ, Alves PLDCA (2019) Physiological response of seeds of peanut genotypes to water deficiency. **Bioscience Journal** 35:741-751.

Coelho AP, Faria RT, Dalri AB (2017) Ecofisiologia e irrigação do amendoim cultivado na segunda safra. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science** 10:119-126.

Coelho FAS, Tella RD (1967) Absorção de nutrientes por plantas de amendoim na cultura de outono. **Bragantia** 26:235-252.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2020) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Terceiro levantamento. Safra 2020/21. Brasília: CONAB, 86 p.

Costa JP, Barros NFD, Bastos AL, Albuquerque AWD (2009) Fluxo difusivo de potássio em solos sob diferentes níveis de umidade e de compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 13:56-62.

Dias MS, Reis LS, Lima IRV, Oliveira AW, Santos RHS, Almeida CAC, Silva VM (2019) Eficiência do uso da água pela cultura do amendoim sob diferentes lâminas de irrigação e adubação. **Colloquium Agrariae** 15:72-83.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 590 p.

Ernani PR, Almeida JA, Santos FC (2007) Potássio. In.: Novais RF, Venegas VHA, Barros NF, Fontes RFL, Cantarutti RB, Neves JCL (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 501-589.

Fanish SA, Muthukrishnan P (2013) Nutrient Distribution under Drip Fertigation Systems. **World Journal of Agricultural Sciences** 9:277-283.

Feitosa CT, Nogueira SSS, Gerin MAN, Rodrigues Filho FSO (1993) Avaliação do crescimento e da utilização de nutrientes pelo amendoim. **Scientia Agrícola** 50:427-437.

França PNO, Faria R, Carrega WC, Coelho AP, Godoy IJ, Palaretti LF (2021) Peanut yield under irrigation levels in off-season cultivation. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo** 20:1853-8665.

Frizzzone JA, Freitas PSL, Rezende R, Faria MA (2012) **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 356 p.

Gastwirth JL, Gel YR, Miao W (2009). The impact of Levene's test of equality of variances on statistical theory and practice. **Statistical Science**, 24:343-360.

Godoy IJ, Moraes SA, Zanotto MD, Santos RC (1999) Melhoramento do amendoim. In.: Borém A (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p. 51-94.

Godoy IJD, Santos JFD, Michelotto MD, Moraes ARAD, Bolonhezi D, Freitas RSD, Martins AL M (2017) IAC OL 5-New high oleic runner peanut cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 17:295-298.

Hoang TTH, Do DT, Do TN, Mann S, Bell RW (2019) Partial potassium balance under irrigated peanut crops on sands in a tropical monsoonal climate. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 114:71-83.

Hussainy SAH, Vaidyanathan R (2019) Relative performance of groundnut (*Arachis hypogaea*) based intercropping systems under different irrigation levels. **International Journal of Agriculture and Biology** 22:841-848.

Jain NK, Meena HN (2015) Improving productivity of groundnut (*Arachis hypogaea*) by using water soluble fertilizer through drip irrigation. **Indian Journal of Agronomy** 60: 109-115.

Jain NK, Meena HN, Bhaduri D, Yadav RS (2018) Drip fertigation and irrigation interval effects on growth, productivity, nutrient, and water economy in summer peanut. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 49:2406-2417.

Junjittakarn J, Pimratch S, Jogloy S, Htoon W, Singkham N, Vorasoot N, Patanothai A (2013) Nutrient uptake of peanut genotypes under different water regimes. **International Journal of Plant Production** 7:677-692.

Kambiranda DM, Vasanthaiah HK, Katam R, Ananga A, Basha SM, Naik K (2011) Impact of drought stress on peanut (*Arachis hypogaea* L.) productivity and food safety. **Plants and Environment** 249-272.

Keller J, Karmeli D (1975). **Trickle Irrigation Design parameters Rainbird Sprinkler Manufacturing Corporation**. Glendora: California, 133 p.

Larcher W (2000) **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 531 p.

Lobo DM, Silva PCC, Couto JL, Silva MAM, Santos AR (2012) Características de deficiência nutricional do amendoim submetido à omissão de N, P, K. **Bioscience Journal** 28:69-76.

Lopes LC, Oliveira AS, Pereira FAC, Santos RM (2011) Perfil de distribuição de água por um aspersor rotativo de impacto para uso em sistemas de aspersão com linha única. **Magistra** 23:193 -199.

Mantovani EC, Bernardo S, Palaretti LF (2009) **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Minas Gerais: UFV, 355 p.

Martins R (2010) Amendoim: perspectivas para a safra paulista 2010/11. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, 5:1-4.

Nakagawa J, Rosolem CA (2011). **O Amendoim: tecnologia de produção**. Botucatu: FEPAF, 325 p.

Nogueira RJMC, Távora FJAF (2005) Ecofisiologia do Amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In.: Santos RC (ed.) **O Agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA, p. 71-122.

Ouda S, Hefny YA, Abdel-Wahab TI, Abdel-Wahab SI (2018). Intercropping systems of sunflower and peanut under different irrigation regimes and potassium fertilizer levels. **Egyptian Journal of Agronomy** 40:85-104.

Patrignani A, Ochsner TE (2015) Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. **Agronomy Journal** 107:2312-2320.

Plela A, Ribeiro AMA (2000) Soma de graus-dias para o subperíodo semeadura-maturação do amendoazeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 8:321-324.

Prado RM (2008) **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 407 p.

Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (1997) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas.

Rubio V, Bustos R, Irigoyen ML, Cardona López X, Rojas-Triana M, Paz-Ares J (2009) Plant hormones and nutrient signaling. **Plant Molecular Biology** 69:361-373.

Royston J (1995). A remark on algorithm AS-181-The W test for normality (Algorithm R94). **J Appl Stat** 44:547-551.

Saudy HS, El-Metwally IM, Abd El-Samad GA (2020) Physio-biochemical and nutrient constituents of peanut plants under bentazone herbicide for broad-leaved weed control and water regimes in dry land areas. **Journal of Arid Land** 12:630-639.

Silva DM, Souza Ferraz RL, Serrato RV, Melo AS, Meneses CHSG. (2015) Growth, productivity and fatty acid composition of oils of peanut genotypes submitted to different levels of water replacement. **African Journal of Agricultural Research** 10: 3987-3996.

Silva EDB, Ferreira EA, Pereira GAM, Silva DV, Oliveira AJM (2017) Absorção de nutrientes e crescimento de plantas de amendoim. **Revista Caatinga** 30:653-661.

Sousa GG, Azevedo BMD, Oliveira JR, Mesquita TDO, Viana TVDA (2013) Adubação potássica aplicada por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 17:1055-1060.

Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murph, A (2017) **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p.

Thangthong N, Jogloy S, Jongrungklang N, Kvien CK, 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** 204:111-122.

Turco JEP, Vieira ACNT (2021) Momento de Irrigar a Cultura de Amendoim Utilizando a Termometria a Infravermelho. **Revista Brasileira de Meteorologia**, (AHEAD).

USDA - United States Department of Agriculture (2021) **World Agricultural Production**. Foreign Agricultural Service: Circular series. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em: 07 jul. 2021.

Valls JFM, Simpson CE (2005) New species of *Arachis* L. (Leguminosae) from Brazil, Paraguay and Bolivia. **Bonplandia** 14:35-63.

Viana JDS, Palaretti LF, Faria RT, Delgado YV, Dalri AB, Barbosa JDA (2020) Potato production affected by fertilization methods, masses of seed tubers and water regimes. **Horticultura Brasileira** 38:166-174.

Wietholter S (2007) Bases teóricas e experimentais de fatores relacionados com a disponibilidade de potássio do solo às plantas usando trigo como referência. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 31:1011-1021.

Yu L, Gao X, Zhao X (2020) Global synthesis of the impact of droughts on crops' water-use efficiency (WUE): Towards both high WUE and productivity. **Agricultural Systems** 177:1-9

Yuan H, Bennett RS, Wang N, Chamberlin KD (2019) Development of a Peanut Canopy Measurement System Using a Ground-Based LiDAR Sensor. **Frontiers in Plant Science** 10:203.

Zaki NM, Ahmed AG, Hassanein MS, Salem AK (2018) Effect of water regime and potassium fertilization on productivity of two peanut cultivars under newly reclaimed sandy soil condition. **Sciences** 8:483-491.