

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Caio Nascimento Cruz

**CULTURA DO AMENDOIM CONDUZIDA NA REGIÃO DA NOVA ALTA
PAULISTA EM SISTEMA DE SEQUEIRO E IRRIGADO, CO-INOCULADA COM
MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS**

Dracena
2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Caio Nascimento Cruz

**CULTURA DO AMENDOIM CONDUZIDA NA REGIÃO DA NOVA ALTA
PAULISTA EM SISTEMA DE SEQUEIRO E IRRIGADO, CO-INOCULADA COM
MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp,
Câmpus de Dracena como parte das
exigências para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Cintra
Lima

Co-orientador: Me. Victor Hugo Cruz

Dracena
2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: CULTURA DO AMENDOIM CONDUZIDA NA REGIÃO DA NOVA ALTA PAULISTA EM SISTEMA DE SEQUEIRO E IRRIGADO, CO-INOCULADA COM MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS.

Modalidade: Trabalho de atividade de pesquisa.

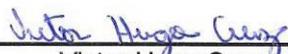
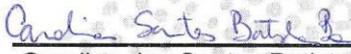
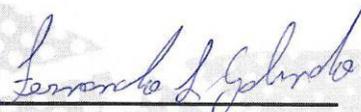
Autor: Caio Nascimento Cruz

Orientador (a): Ronaldo Cintra Lima

Co-orientador(es): Victor Hugo Cruz

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 13/06/2025.

 Victor Hugo Cruz	 Carolina dos Santos Batista Bonini	 Fernando Shintate Galindo
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Hélio Viera da Cruz e minha mãe Maria Celça do Nascimento Cruz, que me educaram e me possibilitaram mais essa conquista, exemplos de vida fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

Ofereço também aos meus amigos, que estiveram ao meu lado com apoio, companheirismo e incentivo nos momentos mais desafiadores.

E, de forma muito especial, à memória de Maria Júlia Von Stein, minha querida amiga, cuja luz e amizade continuam vivas em meu coração. Que este trabalho seja também uma homenagem à sua história e ao impacto que teve em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde e oportunidade de chegar até aqui, por me amparar e me dar forças para continuar.

A toda minha família, em especial meus Hélio Vieria da Cruz e minha mãe Maria Celça do Nascimento Cruz e que me incentivaram e me apoiaram durante toda a trajetória, deixo aqui toda minha gratidão por tê-los em minha vida. Essa conquista também é de vocês.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Cintra de Lima pelo apoio, confiança, dedicação e por todos os ensinamentos ao decorrer do curso, sempre muito prestativo, pela amizade, serei eternamente grato.

Ao coorientador Victor Hugo Cruz, por todo conhecimento passado, por toda ajuda necessária neste trabalho e pela orientação técnica e suporte contínuo.

A todos os professores da FCAT, que me ajudaram nesta fase acadêmica, por todo conhecimento e experiência passado.

Aos membros do grupo de estudos GEIA: Arthur Miarelli, Beatriz Carvalho, Gabriel Kazuo, Guilherme Milanin, Larissa Moraes, Luiz Augusto Senedes e Rodrigo Zuliani Furlan.

A minha colega, companheira de turma e de experimento Larissa Moraes tivemos momentos de muito aprendizado, especialmente sobre a cultura, e ela se tornou uma daquelas pessoas especiais que quero levar comigo para a vida inteira. Aos meus amigos Marcos Eduardo Martins Pimenta, Jaqueline Brassica Meire, Andressa Ventura dos Santos, Nathalia Fernandes, Stefani da Silva Pereira e Marjoly Pinha Silva, Cauan Rodrighero por todos os bons momentos que compartilhamos.

As repúblicas Tilambuxana, K-BARET e Ohana deixo meus agradecimentos por todos os momentos vividos ao lado de vocês.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) – UNESP, Campus de Dracena que proporcionou todo apoio para minha formação e a todos os funcionários da unidade.

Em especial aos técnicos Alan Carvalho, Adriano Crudo, Rodrigo e Oscar que sempre estiveram à frente para nos ajudar nas atividades de campo.

A IX turma de Engenharia Agrônoma pelos momentos que passei, onde fiz grandes amizades.

“O estudo exige esforço, persistência e disciplina. É um investimento silencioso que gera frutos poderosos.”
(*Augusto Cury, 2006*).

RESUMO

O amendoim é uma cultura de destaque na região da Nova Alta Paulista, sendo uma alternativa rentável e estratégica em sistemas de produção sustentável. Entre as tecnologias aplicadas em seu cultivo, destacam-se o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCPs), os quais favorecem o crescimento radicular, a absorção de água e nutrientes, além de conferir tolerância a estresses bióticos e abióticos. O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho agrônômico do amendoim sob diferentes sistemas de cultivo (irrigado e sequeiro) e combinações de microrganismos (*Bradyrhizobium* sp., *Bacillus aryabhattai*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma harzianum*). O estudo foi realizado na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT/UNESP), campus de Dracena- SP, durante a safra 2023/2024. O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura arenosa, utilizando a cultivar de amendoim IAC OL3. O delineamento experimental adotado foi em blocos casu harzianum alizados, com 10 tratamentos e 4 repetições, em esquema fatorial 5 x 2, combinando quatro diferentes associações de microrganismos promotores de crescimento: *Bradyrhizobium*, *Bacillus aryabhattai*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma harzianum*, incluindo testemunha em dois sistemas de manejo hídrico (irrigado e sequeiro) com sementes previamente tratadas com inoculantes, a fim de estimular a nodulação e o desenvolvimento inicial das plantas.

Foram avaliadas quatro variáveis agrônômicas: Massa de grãos por vagem e por planta, massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg/ha). A co-inoculação com *Trichoderma* sp., *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium* sp. apresentou maior desempenho em sistema irrigado, incrementando o crescimento vegetativo e produtividade. No sequeiro, a combinação *Trichoderma* sp., *Bacillus aryabhattai* e *Bradyrhizobium* sp. foi mais eficaz, atenuando o estresse hídrico. A seleção do consórcio microbiano deve ser ajustada ao manejo hídrico, otimizando a produção sustentável de amendoim na Nova Alta Paulista. Assim, a integração da inoculação e co-inoculação surge como uma estratégia técnica é viável para maximizar o rendimento e promover a sustentabilidade agrícola na região.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., Bioestimulantes, Cultivar IAC OL3, MPCPs, Produtividade

ABSTRACT

Peanut is a prominent crop in the Nova Alta Paulista region, being a profitable and strategic alternative in sustainable production systems. Among the technologies applied in its cultivation, the use of plant growth-promoting microorganisms (MPCPs) stands out, which favor root growth, water and nutrient absorption, in addition to conferring tolerance to biotic and abiotic stresses. The objective of the study was to evaluate the agronomic performance of peanuts under different cultivation systems (irrigated and rainfed) and combinations of microorganisms (*Bradyrhizobium* sp., *Bacillus aryabhattai*, *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum*). The study was carried out in the experimental area of the Faculty of Agricultural and Technological Sciences (FCAT/UNESP), Dracena-SP campus, during the 2023/2024 harvest. The experiment was conducted in a sandy-textured dystrophic Red Yellow Latosol, using the peanut cultivar IAC OL3. The experimental design adopted was in randomized blocks, with 10 treatments and 4 replications, in a 5 × 2 factorial scheme, combining four different associations of growth-promoting microorganisms: *Bradyrhizobium*, *Bacillus aryabhattai*, *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum*, including a control in two water management systems (irrigated and rainfed) with seeds previously treated with inoculants, in order to stimulate nodulation and initial plant development. Four agronomic variables were evaluated: grain weight per pod and per plant, weight of 100 grains (g) and productivity (kg/ha). Co-inoculation with *Trichoderma* sp., *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* sp. showed greater performance in the irrigated system, increasing vegetative growth and productivity. In the dryland, the combination of *Trichoderma* sp., *Bacillus aryabhattai* and *Bradyrhizobium* sp. was more effective, attenuating water stress. The selection of the microbial consortium should be adjusted to water management, optimizing sustainable peanut production in Nova Alta Paulista. Thus, the integration of inoculation and co-inoculation emerges as a viable technical strategy to maximize yield and promote agricultural sustainability in the region.

Keywords: *Arachis hypogaea* L., *Biostimulants*, *Cultivar IAC OL3*, *PPPMs*, *Productivity*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS	11
	2.1 Objetivo Geral	11
	2.2 Objetivo Específicos.....	11
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
	3.1 Cultura do amendoim	12
	3.2 Irrigação: Conceitos Gerais.....	13
	3.2.1 Aspersão convencional.....	14
	3.3 Microrganismos Promotores de Crescimento em Plantas	15
4	MATERIAL e MÉTODOS	17
	4.1 Localização e Características da área experimental.....	17
	4.2 Delineamento experimental	18
	4.3 Descrição da variedade utilizada.....	19
	4.4 Implantação do experimento a campo	19
	4.5 Manejo da Irrigação	22
	4.6 Manejo da irrigação via atmosfera (Eto)	22
	4.7 Parâmetros Avaliados	24
	4.8 Análise estatística dos dados	25
5	RESULTADOS e DISCUSSÃO	26
6	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O amendoim é uma oleaginosa de grande importância global, sendo a quarta cultura mais cultivada no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor e exportador da América Latina, com uma produção de 1,18 milhão de toneladas na safra 2024/2025. Cerca de 90% da produção nacional está concentrada no estado de São Paulo, que registrou uma área plantada de 225 mil hectares. Na safra de 2023, houve um aumento de 6% na produtividade e 2,7% na área de cultivo, segundo a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. A produção total foi estimada em 1,18 milhão de toneladas, na safra 2024/2025 de acordo com a (CONAB, 2025)

A produção de amendoim vem ganhando destaque pelo seu valor econômico e nutricional, especialmente nas áreas produtoras do oeste de São Paulo. O crescimento da produtividade desta cultura está intrinsecamente ligado à utilização de produtos agrícolas e, mais recentemente, à aplicação de indutores de enraizamento. Estes produtos demonstraram eficiência ao impactar diretamente o crescimento radicular e a utilização de nutrientes pelas plantas, incentivando a fixação biológica de nitrogênio (FBN), um importante elemento para o crescimento sustentável de culturas leguminosas, como o amendoim (Cao *et al.*, 2024).

Além disso, a irrigação adequada contribui para a estabilidade da produtividade, reduzindo os impactos de estiagens e melhorando o desenvolvimento das vagens o uso de microrganismos promotores de crescimento, como bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, potencializa a absorção de nutrientes e fortalece a resistência das plantas a estresses ambientais (YU *et al.*, 2024).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho agronômico da cultura do amendoim conduzida em sistema de sequeiro e irrigado na região da Nova Alta Paulista, sob co- inoculação com microrganismos promotores de crescimento de plantas.

2.2 Objetivos específicos

Analisar os efeitos da co-inoculação com microrganismos promotores de crescimento em condições de sequeiro e irrigação, e as interação entre os fatores de variação parâmetros biométricos e produtivos do amendoim.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura do amendoim

As espécies selvagens de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), originárias da América do Sul, existem há mais de 3.000 anos, com centro de origem e diversificação em regiões do Brasil, Bolívia, Paraguai, Uruguai e norte da Argentina. As espécies cultivadas desenvolveram-se principalmente no Gran Chaco, nos vales dos rios Paraná e Paraguai, entre 3.800 e 2.900 anos atrás, sendo uma cultura alimentar essencial para os povos indígenas dessas áreas (Bertioli *et al.*, 2011). Durante as Grandes Navegações (séculos XV a XVII), o amendoim foi levado da América do Sul para Europa, Ásia e África. No início do século XVII, era comum no oeste africano tropical. No século XVIII, já aparecia em jardins botânicos europeus, como os de Montpellier e Valência, que impulsionaram sua disseminação no continente. Nesse período, o amendoim também ganhou destaque nos Estados Unidos, com aumento nos estudos e no consumo (Nascimento *et al.*, 2021).

A cultura do amendoim destaca-se globalmente por sua adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e sua importância em cadeias produtivas (Yang *et al.*, 2025). Rentável e acessível, é cultivada por pequenos e grandes produtores, com alto potencial produtivo (Beltrão *et al.*, 2010). Seus grãos, ricos em proteínas e óleo de alta qualidade, são amplamente utilizados para consumo humano, animal e em indústrias, conferindo grande relevância econômica (Santos, 2020).

O Brasil consolida-se como o segundo maior produtor e exportador de amendoim da América Latina, com uma produção estimada em 1,154 milhão de toneladas apenas na 1ª safra de 2024/2025, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. Essa marca representa um crescimento de 60% em relação à safra anterior. A área plantada com amendoim também apresentou aumento significativo, passando de 248,2 mil hectares na safra 2023/2024 para 272,3 mil hectares na safra atual. A produtividade média cresceu de 2.908 kg/ha para 4.241 kg/ha (CONAB, 2025). O estado de São Paulo mantém-se como líder nacional, sendo responsável por cerca de 90% da produção brasileira. O aumento da produtividade está ligado ao uso de produtos agrícolas e indutores de enraizamento, que melhoram o crescimento radicular e a absorção de nutrientes. Esses produtos também incentivam a fixação biológica de nitrogênio, essencial para o cultivo

sustentável do amendoim (Cao *et al.*, 2024).

O Estado de São Paulo é o principal centro de produção, beneficiamento, industrialização e comercialização de amendoim no Brasil desde a década de 1940. O estado se destacou no mercado internacional de óleos vegetais, com o óleo de amendoim e o farelo, rico em proteínas para alimentação animal (Souza; Júnior, 2022). A região da Alta Paulista tornou-se uma das maiores produtoras mundiais de óleo de amendoim, consolidando o Estado como um polo essencial na cadeia produtiva, impulsionando a economia regional e nacional.

O aumento da temperatura global é uma das principais razões para a redução da produtividade das culturas em muitas partes do mundo (Najeeb *et al.*, 2019). Com elevado valor econômico, o amendoim é essencial para a indústria, sendo fonte rica em óleos e proteínas, o que reforça sua relevância na economia regional e nacional. Sendo assim, o amendoim é utilizado de diversas formas, como no consumo in natura, torrado, na confeitaria, na remoção de óleo e na produção de farelo para ração animal (Incentiv, 2021). O cultivo ocorre em todo o Brasil, com a região Sudeste se destacando na produção, tendo São Paulo como o maior produto do estado no Brasil. (Santos *et al.*, 2021).

3.2 Irrigação: conceitos gerais

A irrigação é uma tecnologia que fornece água às plantas de forma artificial, em quantidade e qualidade adequadas, sendo fundamental para otimizar o desenvolvimento dos cultivos agrícolas. O desenvolvimento em novas tecnologias em irrigação para a agricultura nos últimos anos tem apresentado mudanças significativas na produtividade das culturas, ao mesmo tempo em que abordam questões relacionadas ao uso da água (Nuwarapaksha *et al.*, 2024). Seu principal objetivo é suprir as necessidades hídricas das culturas durante todo o ciclo produtivo, especialmente em períodos de estiagem ou em regiões onde as chuvas são irregulares ou insuficientes, como no caso da região da Nova Alta Paulista.

É importante diferenciar os conceitos de sistema e método de irrigação. O sistema de irrigação tem o objetivo de aplicar água às plantas de maneira eficiente e controlada, atendendo às suas necessidades hídricas por meio de métodos de irrigação (Testezlaf, 2017). Por sua vez, o método de irrigação cada método tem seus próprios vantagens e desvantagens dependendo do solo, topografia, tipo de

cultivo, clima, disponibilidade e qualidade da água e investimento, que são os fatores que orientam a seleção de um método de irrigação adequado. (Alfawaz; Abdel Nour, 2014).

Dentre os métodos existentes, destacam-se a irrigação por aspersão convencional, amplamente utilizada em diversas regiões. Nesse método, a água é aplicada de maneira semelhante à chuva natural, por meio de aspersores que pulverizam gotas sobre a plantação (Chauhdary *et al.*, 2023).

Os aspersores, que podem ser fixos ou móveis, são conectados a uma rede de tubos pressurizados que distribuem a água de forma uniforme. Essa técnica é eficaz para uma grande variedade de culturas e tipos de solo, sendo especialmente vantajosa pela sua capacidade de proporcionar uma distribuição homogênea da água. No entanto, é importante considerar fatores climáticos, como vento e temperatura, que podem influenciar na eficiência do sistema devido à evaporação e à deriva da água. (Sari; Da; Warnita, 2024).

3.2.1 Aspersão convencional

Os sistemas de irrigação por aspersão podem ser classificados como fixos, semifixos ou portáteis. Nos sistemas fixos, tanto as linhas principais quanto as laterais permanecem na mesma posição durante toda a irrigação, com tubulações frequentemente enterradas de forma permanente. A irrigação apesar do advento dos métodos de irrigação com maior uniformidade, a irrigação por aspersão convencional ainda é responsável por grande parte das áreas irrigadas no Brasil em pequenas e médias propriedades rurais. Por essas propriedades serem menores, não despertam o interesse de empresas de médio e grande porte na realização de projetos, resultando regularmente em projetos mal dimensionados (Alves *et al.*, 2017). A automação integrada a esses sistemas permite uma irrigação precisa, reduzindo perdas de água. Com avanços significativos, novas práticas e ideias continuam aprimorando a eficiência da irrigação por aspersão (Chen *et al.*, 2024).

3.3. Microrganismos promotores de crescimento de plantas

Microrganismos promotores do crescimento de plantas, com a capacidade

natural de resistir ao estresse hídrico, têm grande potencial como alternativa segura e econômica para aumentar a produtividade de culturas na agricultura irrigada e de sequeiro (Mourouzidou *et al.*, 2023). Eles ajudam a mitigar diversos estresses ambientais nas plantas por meio de diferentes mecanismos e, quando aplicados como inoculantes microbianos no solo, melhoram o acesso das plantas hospedeiras a nutrientes, promovendo seu crescimento e saúde.

Uma alternativa para reduzir o uso de fertilizantes na cultura do amendoim, diminuindo custos de produção e impactos ambientais, é a utilização de microrganismos promotores do crescimento de plantas (MPCPs). Esses microrganismos, como *Azospirillum brasilense*, *Bradyrhizobium sp.* e *Trichoderma harzianum*, podem ser encontrados em associações simbióticas com plantas ou de vida livre no solo.

O *A. brasilense* é uma rizobactéria versátil, encontrada principalmente nas raízes das plantas, mas também em outras partes, como caules e folhas. Esse microrganismo contribui para o crescimento radicular por meio da produção de fitohormônios, melhorando a absorção de água e nutrientes, especialmente em condições de estresse hídrico comum em sistemas de sequeiro (Das *et al.*, 2021).

As espécies do gênero *Bradyrhizobium* são membros essenciais da microbiota do solo, contribuindo imensamente para a fertilidade do solo, crescimento das plantas e nutrição, particularmente evidente nas práticas de agricultura orgânica, onde ajudam a reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos e agroquímicos (Beruk *et al.*, 2024). O estabelecimento da infecção por *Bradyrhizobium* e o subsequente desenvolvimento de nódulos nas raízes de leguminosas promovem uma parceria mutualística que melhora a capacidade das plantas de absorver água e nutrientes do solo. Essa simbiose é fundamental para o aprimoramento de práticas agrícolas sustentáveis, tornando a inoculação de leguminosas, incluindo soja, com bioinoculantes eficazes, um fator-chave.

O *T. harzianum*, um fungo filamentosos comum, destaca-se como um agente de biocontrole promissor devido às suas estratégias versáteis para suprimir doenças e promover o crescimento das culturas. Ele estimula o desenvolvimento vegetal ao facilitar a absorção de nutrientes, melhorar a estrutura do solo e produzir fitohormônios, como auxinas e citocininas. Estudos comprovam sua eficácia no controle de doenças causadas por fungos, bactérias e nematoides, seja por tratamento de sementes, aplicação no solo ou pulverização

foliar. (Singh *et al.*, 2023). Estabelecendo-se cedo no ciclo da planta, o *T. harzianum* oferece proteção duradoura. Com mecanismos diversificados, esse fungo é uma alternativa sustentável aos pesticidas químicos, contribuindo para uma agricultura resiliente e ambientalmente segura.

O *Bacillus* spp. são bactérias gram-positivas, aeróbias ou facultativamente anaeróbias, amplamente distribuídas no solo, água e rizosfera de plantas. Atuam como rizobactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPR) por meio de mecanismos como solubilização de fosfato, produção de sideróforos, síntese de fitohormônios (como auxinas) e controle biológico de patógenos, devido à produção de compostos antimicrobianos (Wahab *et al.*, 2025).

Sua capacidade de formar endósporos garante resistência a condições adversas, tornando-as valiosas para aplicações agrícolas (Bashan *et al.*, 2014).

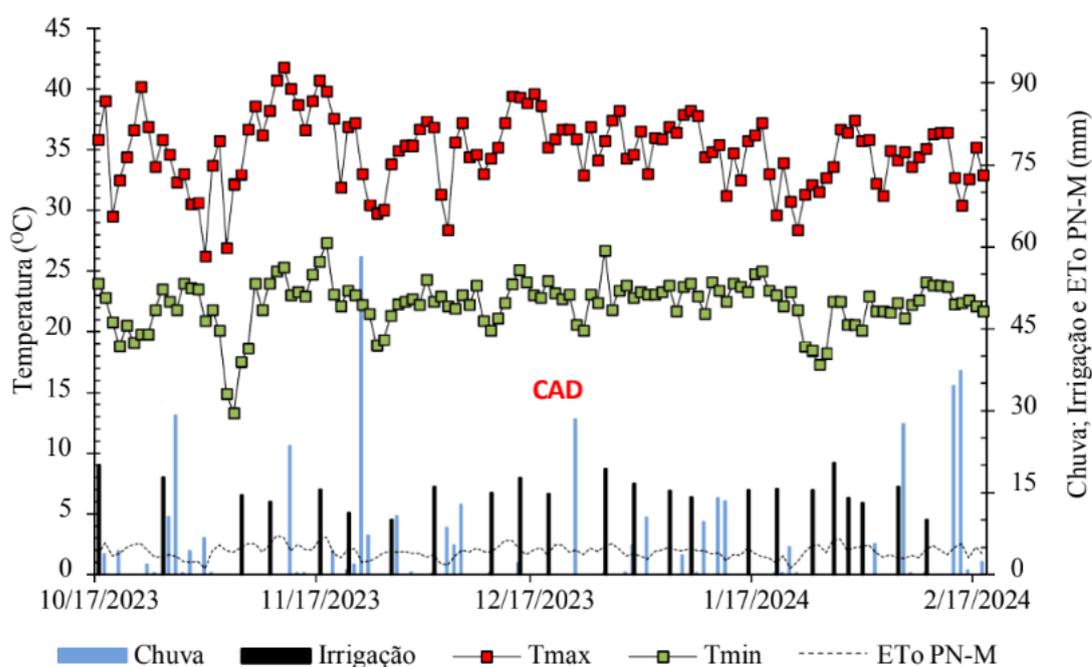
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e Características da área experimental

O experimento foi realizado durante o período de 01/10/2023 até 30/05/2024 com duração de oito meses na Área Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP – Câmpus de Dracena, nas coordenadas: latitude 21°27'41.4"S; longitude 51°33'11.7"W; altitude média de 420 metros. O clima predominante da região é do tipo Aw e os dados climáticos médios anuais: temperatura 23,97°C, umidade relativa 64,23% e precipitação pluvial de 1289 mm/ano. O solo foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de classificação, como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico e de textura arenosa.

Nesse período foi realizado o monitoramento das condições climáticas representado na **Figura 1**.

Figura 1 - Comportamento edafoclimático da semeadura a colheita: precipitação pluvial e irrigação (mm), evapotranspiração de referência – ETo – PN-M (mm dia⁻¹), temperatura do ar máxima e mínima (°C).



Fonte: Elaborada pelo próprio autor. Dados meteorológicos coletados

na Estação Meteorológica Automática (EMA) da FCAT/UNESP.

Foi realizada análise química do solo da camada de 0-20 cm, antes da instalação do experimento da safra 2023-2024. Foi realizada análise de solo e os resultados estão representados na **Tabela 1**.

Tabela 1- Caracterização química do solo da camada de 0,00 - 0,20 m realizada por meio de amostragem composta da área experimental, da FCAT - Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.

pH em CaCl ₂	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K -----	Ca	Mg	Al	H+Al -----	SB	CTC	V (%)
4,7	14	4	2,4	4	4	2	20	10,4	33,4	40

A irrigação foi controlada com base na Capacidade de Água Disponível (CAD) do solo, que é a quantidade de água retida entre a capacidade de campo (umidade ideal após a drenagem) e o ponto de murcha permanente (PMP). A CAD também é essencial para determinar quando e quanto irrigar, evitando desperdício e garantindo que as plantas tenham água suficiente para seu desenvolvimento em solos arenosos retêm menos água, enquanto solos argilosos armazenam mais, influenciando a frequência e o volume de irrigação necessários.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O estudo foi realizado em um delineamento em blocos casualizado com 10 tratamentos e quatro repetições, organizados em um esquema fatorial 5 × 2. A composição dos tratamentos está disponível na **Tabela 2**. As inoculações e co-inoculações foram realizadas aos dez dias após emergência da cultura, em área total, na dose de 500 mL ha⁻¹ (para cada inoculante, levando-se em consideração o volume de aplicação de 200 L ha⁻¹).

Tabela 2. Composição dos tratamentos

INOCULANTES	Tipo de sistema
CTL	Sequeiro
BR + BA + AZ	Sequeiro
TR + AZ + BR	Sequeiro
TR + BA + BR	Sequeiro
BR + AZ + BA + TR	Sequeiro
CTL	Irrigado
BR + BA + AZ	Irrigado
TR + AZ + BR	Irrigado
TR + BA + BR	Irrigado
BR + AZ + BA + TR	Irrigado

Legenda: CTL – controle, sem aplicação de inoculante e irrigação; BR - *Bradyrhizobium* sp. (estirpe SEMIA 6144); BA - *Bacillus aryabattai* (cepa CMAA 1363); AZ - *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab- V5 e Ab-V6); TR - *Trichoderma* sp.

4.3 Descrição da variedade utilizada

cultivar IAC OL 3, de hábito rasteiro, possui crescimento vegetativo rápido e determinado, com ciclo de 125 a 130 dias, ideal para áreas de renovação de cana-de-açúcar. Após a frutificação, prioriza o enchimento das vagens, exigindo manejo com fungicidas devido à suscetibilidade a doenças foliares. Oferece produtividade média de 4.500 kg ha⁻¹, podendo superar 7.000 kg ha⁻¹. Seus grãos, levemente arredondados, são maiores que o padrão “runner” (peneira 25 e 23), com teor de óleo de 46%-47% e alto índice oleico (70%-80%), perfeitos para mercados que buscam qualidade. É uma escolha estratégica para agricultores que visam alto rendimento e durabilidade (Infoamendoim,2021).

4.4 Implantação do experimento a campo

O preparo da área experimental para o cultivo de amendoim foi iniciado em 15/09/2023 com grade intermediária. A dessecação inicial ocorreu em 10/10/2023, com aplicação de glifosato (2,5 kg ha⁻¹ WG) e clethodim (1,0 L/ha), seguida de correção em 18/10/2023 com diquat (2,0 L ha⁻¹). No dia 19/10/2023, foi realizada uma gradagem leve (niveladora). A semeadura do amendoim foi feita em 20/10/2023, com irrigação suplementar em sistema sequeiro, utilizando lâmina estimada de 30 mm. Em 31/10/2023, foi aplicada, via foliar, uma solução de 150 mL ha⁻¹ do produto comercial CoMo Platinum (Stoller). As aplicações de tratamentos, incluindo inoculações com microrganismos, foram realizadas em 04/11/2023.

O amendoim foi semeado em 20 de outubro de 2023 utilizando a semeadora- adubadora PST4 PLUS FLEX SUPREMA (Figura 2). A cultivar utilizada para instalação da lavoura experimental foi: IAC OL3, variedade 13 com densidade de semeadura de 17 sementes por metro (ou 190.000 planta ha⁻¹) e espaçamento entre linhas de 0,90 m e para a adubação mineral de semeadura foi realizada com 335 kg ha⁻¹ de NPK da formulação 04-14-08 aplicados no dia.

Figura 2. Semeadora utilizada para a semeadura



Fonte: Próprio autor

As inoculações e co-inoculações foram realizadas aos dez dias após emergência da cultura, em área total, na dose de 500 mL ha⁻¹ (para cada inoculante, levando-se em consideração o volume de aplicação de 250 L ha⁻¹). Realizou-se o tratamento das sementes com 3 L de Vithavax®, 1,5 L de Apron® e 1,5 L de Diamante BR® para cada 1.000 kg. Após a semeadura, o sistema de irrigação foi instalado, e a

área experimental foi irrigada após a semeadura com lâmina de 30 milímetros para fornecer umidade suficiente à germinação.

O controle de pragas e plantas daninhas foi realizado com o pulverizador agrícola hidráulico da marca IMEP, Modelo MAXX THOR 600. Todas as aplicações de agroquímicos foram realizadas de forma a prevenir doenças fúngicas e controle de pragas (Quadro 1).

Quadro 1. Informações sobre a aplicação de defensivos agrícolas

Data da aplicação	kg ha ⁻¹ ou L ha ⁻¹	Defensivos Agrícolas	Alvo Biológico
13/11/2023	2 L ha ⁻¹	Echo (Fungicida)	<i>Cercospora arachidicola</i>
	1,2 L ha ⁻¹	Basagran (Herbicida)	<i>Ipomoea spp.</i> e <i>Bidens pilosa</i>
	0,5 L ha ⁻¹	Select (Cletodin)	<i>Digitaria spp.</i>
		Lannate (Inseticida)	<i>Enneothrips flavens</i>
23/11/2023	2 L ha ⁻¹	Echo (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>Cercosporidium personatum</i>
	1,2 L ha ⁻¹	Basagran (Herbicida)	<i>Ipomoea spp.</i> e <i>B. pilosa</i>
	0,5 L ha ⁻¹	Select (Cletodin)	<i>Digitaria spp.</i> e <i>Eleusine indica</i>
1/12/2023	2 L ha ⁻¹	Echo (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. personatum</i>
	0,3 L ha ⁻¹	Engeo Pleno (Inseticida)	<i>E. flavens</i>
15/12/2023	2 L ha ⁻¹	Echo (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. personatum</i>
	0,3 L ha ⁻¹	Engeo Pleno (Inseticida)	<i>Enneothrips flaven</i>
4/1/2024	100 g ha ⁻¹	Tiametoxan(Inseticida)	<i>E. flavens</i>
	2 L ha ⁻¹	Echo (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. Personatum</i>
	0,6 L ha ⁻¹	Ópera (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. Personatum</i>
17/01/2024	0,3 L ha ⁻¹	Engeo Pleno (Inseticida)	<i>E. flavens</i>
	2 L ha ⁻¹	Echo (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. personatum</i>
	0,6 L ha ⁻¹	Ópera (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. Personatum</i>
31/01/2024	0,3 L ha ⁻¹	Engeo Pleno (Inseticida)	<i>E. flavens</i>
	0,6 L ha ⁻¹	Ópera (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. Personatum</i>
8/02/2024	0,6 L ha ⁻¹	Ópera (Fungicida)	<i>C. arachidicola</i> e <i>C. personatum</i>

4.5 Manejo da irrigação

Para a reposição de água na cultura foi utilizada os dados de evapotranspiração de referência (ET_o) obtida a partir da Estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada a 300 m da área experimental, monitorada as seguintes variáveis: temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m s⁻¹) a 2 m do solo e radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹). Foi utilizado sistema de irrigação por aspersão convencional com eficiência de 80%, composto por 2 linhas com aspersores da marca Agropolo NY 25, espaçados 12m na linha x 12m na entre as linhas com lâmina de 4,8 mm h⁻¹, pressão de serviço (PS) de 2,5 Bar.

4.6 Manejo da irrigação via atmosfera (ET_o)

O manejo da irrigação via atmosfera foi realizado com base na estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET_o), determinada pela equação de Penman- Monteith/FAO e corrigida pelo Coeficiente de Cultura (K_c) nas respectivas fases fenológica da cultura. As relações entre potencial matricial, umidade gravimétrica e densidade do solo da área experimental para as diferentes camadas está disponível na Tabela 3.

Equação de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o):

$$ET_o = \frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

R_n = radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹); G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹);

γ = 0,063 kPa °C⁻¹ é a constante psicrométrica; T = temperatura média do ar (°C);

U₂ = velocidade do vento a 2m (m s⁻¹);

e_s = pressão de saturação de vapor (kPa); e_a = pressão parcial de vapor (kPa);

s = declividade da curva de pressão de vapor de acordo com a temperatura do ar, em kPa °C⁻¹.

Para obtenção da Evapotranspiração da cultura do amendoim (ET_c), foi utilizada a seguinte equação:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Lâmina líquida (mm) = K_c x ET_o

Lâmina bruta (mm) = (K_c x ET_o) / Eficiência

ET_c = evapotranspiração da cultura do amendoim (mm dia⁻¹);

K_c = coeficiente da cultura do amendoim (conforme proposto por Doorenbos e Kassam, 1979);

ET_o = evapotranspiração da cultura de referência estimada (mm dia⁻¹) pela equação de Penman-Monteith/FAO (Allen *et al.*, 1998);

Eficiência = Eficiência do sistema de irrigação por aspersão médio de 0,80.

Para a determinação da capacidade de água disponível (CAD) da área experimental foram encaminhadas ao laboratório duas repetições de amostras de solo nas profundidades de 0,0 – 0,15 m e 0,16 – 0,30 m, a fim de determinar a Curva de Retenção de Água, de posse dos dados do solo foram transformados em umidade volumétrica e conseqüentemente determinou-se a CAD. Os parâmetros

desse modelo apresentam se expressos na Tabela 1. Os valores de textura do solo da área experimental foram: areia de 822 e 788, silte de 73 e 71 e argila de 105 e 140, para as camadas de 0,00-0,20 e 0,21-0,40 m, respectivamente.

O manejo da irrigação via atmosfera foi realizado conforme tratamento estabelecido, sempre que a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) atingir o nível crítico dado por uma fração de esgotamento de água no solo (f) da sua CAD, calculado por meio da expressão:

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times d \times f \times Z$$

Em que:

CAD = capacidade de armazenamento disponível (mm) crítica ou lâmina de água armazenada no solo que será usada como suprimento para a cultura do amendoim (mm);

θ_{cc} e θ_{pmp} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo e ponto de murcha permanente ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), ajustado segundo Genuchten (1980);

d = densidade do solo (g cm^{-3});

f = coeficiente de esgotamento de água no solo de 0,7, ou seja, significa que pode ser consumida até 70% da Capacidade de Água Dis

ponível “CAD” no solo ou déficit hídrico tolerável;

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (mm) do amendoim de 0,30 m.

Tabela 3. Potencial matricial versus umidade gravimétrica e densidade do solo da área experimental para as diferentes camadas, Dracena, SP, Brasil, 2021.

Profundidade (m)	Potencial matricial									Ds g cm^{-3}
	Centímetros de coluna de água (cca)									
	-0	-10	-40	-100	-300	-500	-1000	-5000	-15000	
	Umidade gravimétrica (g g^{-1})									
0,00-0,15	0,3087	0,2895	0,1850	0,1305	0,1042	0,0912	0,0757	0,0622	0,0420	1,54
0,16-0,30	0,2807	0,2626	0,1694	0,1174	0,0912	0,0775	0,0626	0,0539	0,0422	1,57
0,31-0,45	0,2457	0,2266	0,1458	0,1148	0,0907	0,0733	0,0593	0,0520	0,0427	1,65

Fonte: Laboratório de Solos e Qualidade de Água, Esalq/USP, Piracicaba, SP. Ds: Densidade aparente do solo.

4.7 Parâmetros Avaliados

A colheita e avaliações finais foram realizadas 128 DAS, nesta ocasião das 4 linhas de cada parcela foram realizadas as seguintes avaliações de componentes produtivos:

I) Número de grãos por vagem: obtida pela média da contagem manual do número de grãos de dez vagens aleatórias por parcela experimental. II) Número de grãos por planta: obtida pela multiplicação do número médio de vagens por plantas. III) Massa de 100 grãos: determinado em balança analítica de precisão (0,01g), corrigida à 7% de umidade (bulbo úmido) e IV) produtividade de grãos em casca: determinado pela colheita das plantas nas duas linhas centrais da parcela por dois metros no espaçamento de 0,90m, somando 4 metros dentro da área útil de cada parcela (3,6 m² de área útil) após processados o valores foram transformado em quilo por hectare, a produtividade de grãos em casca foi determinada sem a retirada dos grãos da vagem.

4.8. Análise estatística dos dados

Os dados de produtividade, massa de 100 grãos, grãos por planta e grãos por vagem foram analisados no software Sisvar 5.6, utilizando análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey (5% de significância).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA a 5% de probabilidade) para a variável grãos por vagem (Tabela 4). Os blocos apresentaram um valor-p de 0,5824, que é superior ao nível de significância de 5% (0,05). Isso indica que não houve diferença significativa entre os blocos, o que é desejável em experimentos agrícolas, pois confirma que a variação ambiental foi controlada adequadamente. Já o quadrado médio (QM) dos blocos foi baixo (0,0029), reforçando a homogeneidade das condições experimentais.

O fator "Inoculante" apresentou um valor-p de 0,0000, altamente significativo ($p < 0,05$). Isso demonstra que os microrganismos promotores de crescimento de plantas tiveram um efeito estatisticamente significativo na produtividade ou no desenvolvimento do amendoim. O QM de 0,0607 sugere que a variação atribuída aos inoculantes foi relevante. O fator "Irrigação" também foi significativo (valor-p = 0,0000, com um QM de 0,1974, o maior entre os fatores analisados). Isso evidencia que o sistema de cultivo (sequeiro vs. irrigado) teve um impacto marcante no desempenho da cultura. A irrigação provavelmente proporcionou condições mais favoráveis para o crescimento do amendoim, resultando em diferenças significativas em comparação ao sistema de sequeiro.

A interação entre inoculantes e irrigação apresentou um valor-p de 0,0072, indicando que o efeito dos inoculantes variou significativamente dependendo do sistema de irrigação utilizado. Esse resultado é importante, pois sugere que a eficácia dos microrganismos promotores de crescimento pode ser influenciada pela disponibilidade de água no solo. Um QM de 0,0193 reforça a relevância dessa interação.

Tabela 4. Análise de variância da variável grãos por vagem

FV	GL	QM	Valor-p	DMS
Bloco	3	0,0029	0,5824	0,0965
Inoculante	4	0,0607	0,0000	
Irrigação	1	0,1974	0,0000	
Interação	4	0,0193	0,0072	
Erro	27	0,0044		
Total corrigido	39			
CV (%)	3,35			
Média geral:	1,8237			
Total observado	40			

Fonte: Próprio autor. Legenda: FV: Fator de variação; CV (%): Coeficiente de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; DMS: Diferença mínima significativa.

Na tabela de comparação de médias (Tabela 5), os tratamentos com irrigação apresentaram médias estatisticamente superior em comparação aos tratamentos sem irrigação (zona de sequeiro) em todos os casos. Isso confirma os resultados da tabela de ANOVA mostrada anteriormente, que indicaram um efeito altamente significativo da irrigação. Há possíveis razões para essa diferença, tais como disponibilidade hídrica e eficiência dos inoculantes. A irrigação assegura um suprimento constante de água, essencial para processos fisiológicos como a fotossíntese, o enchimento de grãos e a nodulação em leguminosas como o amendoim. Além disso, no sistema sem irrigação, as plantas podem sofrer estresse, reduzindo a translocação de fotoassimilados para as vagens e afetando o número de grãos formados. Em relação aos inoculantes, microrganismos como *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* dependem de umidade para fixar nitrogênio e promover o crescimento radicular. Em condições de sequeiro, sua atividade pode ser limitada.

Tabela 5. Comparação de médias de tratamento da variável grãos por vagem

TRATAMENTOS	SEM	COM
CTL	1,60 Bc	1,77 Ab
BR + BA + AZ	1,80 Bab	1,87 Aeb
TR + AZ + BR	1,86 Ba	1,98 Aa
TR + BA + BR	1,83 Ba	1,90 Aab
BR + AZ + BA + TR	1,66 Bbc	1,97 Ae

Fonte: Próprio autor. Legenda: Letra maiúscula: comparação entre colunas; Letra minúscula: comparação entre linhas (teste de Tukey). Legenda: CTL – controle, sem plicação de inoculante e irrigação; BR - *Bradyrhizobium* sp. (estirpe SEMIA 6144); BA - *Bacillus aryabathai* (cepa CMAA 1363); AZ- *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6); TR - *Trichoderma* sp.

Os tratamentos TR + BA + BR (1,83 grãos/vagem) e TR + AZ + BR (1,86 grãos/vagem) não diferiram estatisticamente entre si, assim como BR + BA + AZ. Isso indica que, na ausência de irrigação, a combinação de *Trichoderma* (TR) com *Bradyrhizobium* (BR) e *Bacillus* (BA) ou *Azospirillum* (AZ) teve eficiência semelhante na promoção do número de grãos por vagem. A sinergia microbiana e a limitação pelo estresse hídrico podem ser as possíveis razões para a ausência de diferença significativa. Por exemplo, *Trichoderma* melhora a disponibilidade de nutrientes e a resistência ao estresse hídrico, enquanto *Bradyrhizobium* e *Bacillus/Azospirillum* atuam na fixação de nitrogênio e produção de fitormônios. Esses mecanismos podem ter compensado a falta de água de forma equivalente. Além disso, em condições de sequeiro, mesmo combinações eficientes de microrganismos podem atingir um teto de desempenho devido à restrição hídrica, nivelando os resultados.

No entanto apenas os tratamentos TR + BA + BR e TR + AZ + BR diferiram significativamente do BR + AZ + BA + TR (1,66 grãos/vagem) e do controle CTL (1,60 grãos/vagem). Isso ocorreu por causa do possível antagonismo microbiano e pela complexidade das interações. A adição de quatro microrganismos (*Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus* e *Trichoderma*) pode ter criado competição por recursos (ex.: carbono, espaço radicular), reduzindo a eficiência simbiótica. Além disso, mais espécies microbianas nem sempre garantem melhores resultados, especialmente em condições limitantes (como sequeiro), onde a prioridade é a sobrevivência, não a otimização de funções.

Outro resultado encontrado é a inferioridade do controle, porque ele não recebeu microrganismos, dependendo apenas dos nutrientes do solo e da fixação natural de nitrogênio. Em solos pobres ou sob estresse hídrico, essa condição é claramente limitante.

Na condição com irrigação, o tratamento CTL (controle sem inoculantes) apresentou 1,77 grãos/vagem, sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos inoculados, que não diferiram entre si, mesmo que o controle tenha sido maior em comparação ao sistema de sequeiro (de 1,60 para 1,77). Isso sugere que a água é necessária, mas não suficiente para maximizar a produtividade do amendoim e os microrganismos promotores de crescimento complementam a irrigação, potencializando efeitos que vão além da disponibilidade hídrica. Além disso, todos os tratamentos com inoculantes apresentaram médias estatisticamente iguais, variando de 1,87 a 1,98 grãos/vagem. Isso mostra que a irrigação estabilizou a eficiência dos inoculantes, pois a disponibilidade hídrica otimizou as condições para que todos os microrganismos expressassem seu potencial máximo. Ademais as combinações diferentes tiveram eficácia similar sob irrigação, pois a água supriu o fator limitante (estresse hídrico), tornando secundárias as diferenças específicas entre os consórcios microbianos.

A irrigação, ao criar condições ideais para a atividade microbiana no solo, desempenha um papel fundamental no estabelecimento de relações benéficas entre plantas e microrganismos. No entanto, os inoculantes são essenciais para processos críticos que a água, por si só, não é capaz de substituir, como a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e a produção de hormônios vegetais.

Em condições de irrigação adequada, observou-se que diferentes combinações de inoculantes apresentaram desempenho estatisticamente similar, sugerindo que, quando a disponibilidade hídrica é ótima, os consórcios microbianos podem atingir um patamar máximo de eficiência. Esse resultado reforça a hipótese de que, em sistemas irrigados, a seleção de inoculantes pode ser mais flexível, desde que incluam bactérias com funções complementares, como *Bradyrhizobium* para a fixação de nitrogênio e *Bacillus* ou *Azospirillum* para a promoção do crescimento radicular e a produção de fitormônios. Essa flexibilidade pode ser vantajosa para os agricultores, permitindo adaptações conforme a disponibilidade de produtos ou condições locais, sem comprometer os ganhos de

produtividade.

Esses resultados destacam que, embora a irrigação seja um fator determinante para o sucesso da cultura, ela atua em sinergia com os microrganismos, potencializando seus benefícios. A água garante um ambiente favorável, enquanto os inoculantes exercem funções específicas que elevam o potencial produtivo da planta, indo além do que apenas o manejo hídrico poderia proporcionar. Portanto, a integração entre irrigação e inoculação surge como uma estratégia indispensável para maximizar a produtividade do amendoim, especialmente em regiões onde a otimização de recursos é crucial para a sustentabilidade agrícola.

Em relação aos grãos por planta, a análise de variância (Tabela 6) revelou efeitos significativos para os fatores Inoculante, Irrigação e Interação entre Inoculante e Irrigação, ao nível de significância de 5%, enquanto o fator Bloco não apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a variável analisada.

Tabela 6. Análise de variância da variável grãos por planta

FV	GL	QM	Valor-p	DMS
Bloco	3	7,9742	0,3317	3,77
Inoculante	4	35,5275	0,0028	
Irrigação	1	35,8913	0,0284	
Interação	4	18,5081	0,0478	
Erro	27	6,6940		
Total corrigido	39			
CV (%)	6,61			
Média geral:	39,1318			
Total observado	40			

Fonte: Próprio autor. Legenda: FV: Fator de variação; CV (%): Coeficiente de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; DMS: Diferença mínima significativa

O fator Inoculante apresentou valor de $p = 0,0028$, indicando que houve diferença significativa entre os tratamentos com diferentes microrganismos promotores de crescimento. Isso demonstra que a co-inoculação influenciou positivamente o desempenho da cultura do amendoim, corroborando estudos anteriores que destacam a capacidade de bactérias como *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium spp.* em estimular o crescimento vegetal por meio da fixação biológica de nitrogênio e produção de fitohormônios.

O fator Irrigação também foi significativo ($p = 0,0284$), evidenciando que o fornecimento de água via irrigação impactou diretamente o desenvolvimento das plantas. Essa resposta é esperada, especialmente considerando que a cultura do

amendoim é sensível a déficits hídricos, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos. A irrigação, portanto, desempenha papel fundamental no manejo da cultura em regiões com distribuição irregular de chuvas, como é o caso da Nova Alta Paulista.

A interação entre Inoculante e Irrigação ($p = 0,0478$) também foi estatisticamente significativa, indicando que os efeitos da co-inoculação dependem das condições hídricas do sistema. Isso sugere uma sinergia entre o uso de microrganismos e o fornecimento de água, o que pode maximizar o potencial produtivo da cultura. Este resultado reforça a importância de um manejo integrado que considere tanto a biotecnologia quanto os aspectos agrônômicos da irrigação.

Na tabela de comparação de médias (Tabela 7), entre os tratamentos avaliados, três deles se destacam por representarem bem diferentes situações de resposta da cultura do amendoim às condições de manejo, especialmente quanto à irrigação e à co-inoculação com microrganismos.

Tabela 7. Comparação de médias de tratamento da variável grãos por planta

Tratamentos	SEM	COM
CTL	35,47	37,10 Aa
BR + BA + AZ	38,70	38,92 Aa
TR + AZ + BR	40,46	42,26 Aa
TR + BA + BR	41,59	41,59 Aa
BR + AZ + BA + TR	34,71	41,62 Aa

Fonte: Próprio autor. Legenda: Letra maiúscula: comparação entre colunas. Letra minúscula: comparação entre linhas. Legenda: CTL – controle, sem aplicação de inoculante e irrigação; BR - *Bradyrhizobium* sp. (estirpe SEMIA 6144); BA - *Bacillus aryabattai* (cepa CMAA 1363); AZ - *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6); TR- *Trichoderma* sp.

O primeiro tratamento é o controle (CTL), no qual não foi feita aplicação de inoculantes e as plantas cresceram sem irrigação. Esse tratamento apresentou a menor média entre todos os avaliados, com 35,47, sendo estatisticamente inferior a quase todos os demais. Mesmo quando irrigado, o CTL apresentou média de 37,10, ainda inferior em relação aos tratamentos com inoculantes. Isso mostra que, sem o uso de tecnologias como microrganismos e irrigação, o desempenho da cultura é limitado, o que reforça a importância dessas práticas para alcançar bons resultados no campo.

O segundo tratamento em destaque é o TR + BA + BR, que recebeu uma

combinação de três microrganismos: *Trichoderma sp.*, *B. aryabhatai* e *Bradyrhizobium sp.*. Esse tratamento apresentou um dos melhores desempenhos em ambas as condições, com média de 41,59 sem irrigação e 41,59 com irrigação — ou seja, a irrigação não fez diferença estatística nesse caso, o que indica que essa combinação de microrganismos pode aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico. Esse resultado é muito positivo, principalmente para regiões onde o acesso à irrigação é limitado ou quando ocorrem veranicos durante o ciclo da cultura.

Por fim, o tratamento BR + AZ + BA + TR, que inclui todos os microrganismos testados, foi o que mais respondeu à irrigação. Na condição sem irrigação, apresentou uma média relativamente baixa (34,71), ficando entre os piores resultados. No entanto, quando irrigado, alcançou 41,62, uma das maiores médias do experimento. Isso mostra que, embora essa combinação tenha alto potencial produtivo, ela depende diretamente da irrigação para expressar seus efeitos positivos. Ou seja, trata-se de um tratamento promissor, mas que deve ser adotado preferencialmente em áreas com disponibilidade de água.

Esses três exemplos mostram como a resposta da cultura do amendoim pode variar bastante de acordo com o manejo adotado. A combinação de práticas como irrigação e co-inoculação com microrganismos pode fazer toda a diferença no sucesso da lavoura, desde que seja bem planejada e adaptada às condições locais.

Com base na análise de variância (Tabela 8) apresentada para a massa de 100 grãos de amendoim, observa-se que o fator bloco também não apresentou efeito significativo, o que é positivo, pois sugere homogeneidade das condições experimentais entre os blocos do delineamento, reforçando a confiabilidade dos dados obtidos.

O fator inoculante apresentou efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p = 0,0293$), indicando que a aplicação de diferentes microrganismos promotores de crescimento influenciou significativamente a massa de 100 grãos de amendoim. A irrigação teve um efeito altamente significativo ($p < 0,01$), com um quadrado médio bastante elevado ($QM = 8862,2310$), evidenciando um impacto muito expressivo na massa de 100 grãos. Este resultado é esperado, visto que o estresse hídrico é um dos principais fatores limitantes ao crescimento e ao enchimento de grãos em leguminosas. A irrigação

adequada, portanto, foi decisiva para o incremento de produtividade neste experimento.

Tabela 8. Análise de variância da variável massa de 100 grãos

FV	GL	QM	Valor-p	DMS
Bloco	3	4,4828	0,3548	2,911
Inoculante	4	12,5984	0,0293	
Irrigação	1	8862,2310	0,0000	
Interação	4	3,0230	0,5595	
Erro	27	3,9698		
Total corrigido	39			
CV (%)	2,54			
Média geral:	78,5163			
Total observado	40			

Fonte: Próprio autor. Legenda: FV: Fator de variação; CV (%): Coeficiente de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; DMS: Diferença mínima significativa

Em relação a interação Inoculante × Irrigação ($p = 0,5595$), os resultados mostraram que não significativa, sugerindo que os efeitos positivos dos inoculantes e da irrigação ocorreram de forma independente. Ou seja, o aumento da massa de 100 grãos devido à irrigação não dependeu do tipo de inoculante utilizado, e vice-versa. Esse resultado pode facilitar a recomendação técnica, pois indica que as práticas podem ser adotadas separadamente.

Na tabela de comparação de médias (Tabela 9), os resultados demonstram que o peso de 100 grãos foi superior no sistema irrigado em comparação ao sistema sequeiro, independentemente do tratamento com microrganismos. No sistema irrigado, os valores variaram entre 91,37 g no tratamento controle e 94,94 g no tratamento que combinou *Trichoderma sp.*, *B. aryabatthai* e *Bradyrhizobium sp.* No sistema sequeiro, os valores foram menores, variando de 62,22 g no controle a 64,88 g na mesma combinação de microrganismos.

A aplicação de *Bradyrhizobium sp.* junto a *B. aryabatthai* e *A. brasilense* resultou em um peso médio de 94,49 g no sistema irrigado e 64,60 g no sistema sequeiro, enquanto a combinação de *Trichoderma sp.*, *A. brasilense* e *Bradyrhizobium sp.* proporcionou valores médios de 92,06 g e 63,85g, respectivamente. Já a co-inoculação de *Bradyrhizobium sp.*, *A. brasilense*, *Bacillus aryabatthai* e *Trichoderma sp.* obteve médias de 94,15 g no irrigado e 62,61 g no sequeiro.

Tabela 9. Comparação de médias de tratamento da variável massa de 100 grãos

TRATAMENTOS	SEM	COM
CTL	62,22 Ba	91,37 Aa
BR + BA + AZ	64,60 Ba	94,49 Aa
TR + AZ + BR	64,88 Ba	94,94 Aa
TR + BA + BR	62,61 Ba	94,15 Aa
BR + AZ + BA + TR	63,85 Ba	92,06 Aa

Fonte: Próprio autor. Legenda: Letra maiúscula: comparação entre colunas. Letra minúscula: comparação entre linhas. Legenda: CTL – controle, sem aplicação de inoculante e irrigação; BR - *Bradyrhizobium* sp. (estirpe SEMIA 6144); BA- *Bacillus aryabattai* (cepa CMAA 1363); AZ - *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6); TR- *Trichoderma* sp.

A análise estatística mostrou que dentro de cada sistema de cultivo, não houve diferenças significativas entre os tratamentos com inoculantes, evidenciado pelo uso das mesmas letras dentro das colunas. Isso indica que a aplicação dos microrganismos não promoveu aumentos estatisticamente significativos no peso de 100 grãos em relação ao controle, tanto no sistema irrigado quanto no sequeiro. Entretanto, ao comparar os sistemas de manejo dentro de cada tratamento, observou-se uma diferença estatisticamente significativa, visto que todas as médias do sistema irrigado apresentaram letras maiúsculas distintas das médias do sistema sequeiro. Isso indica que a irrigação teve um impacto positivo no peso dos grãos, independentemente do uso de inoculantes.

Os resultados reforçam a importância da disponibilidade hídrica para o desenvolvimento e enchimento dos grãos do amendoim (Dorner, 2008). No sistema sequeiro, a limitação hídrica pode ter comprometido o crescimento dos grãos, resultando em um peso menor (Latha *et al.*, 2023).

O tratamento controle apresentou os menores valores em ambos os sistemas, confirmando que a inoculação pode trazer melhorias no peso dos grãos, mesmo que não tenham sido estatisticamente significativas. A aplicação de *Bradyrhizobium* sp. isoladamente mostrou leve incremento nos valores médios, o que reforça seu papel na fixação biológica de nitrogênio e melhora da nutrição da planta. A inclusão de *A. brasilense* demonstrou um pequeno aumento adicional, possivelmente relacionado ao estímulo no crescimento radicular e absorção de água, especialmente em condições de restrição hídrica a co-inoculação com *B. aryabattai* indicou um efeito benéfico ao aumentar o peso médio dos grãos em relação ao controle, sugerindo que sua ação promotora de crescimento pode ter

contribuído para um melhor desenvolvimento da planta (Anunciação *et al.*, 2024). Quando *Trichoderma sp.* foi incluído na combinação de microrganismos, os valores médios foram os maiores observados, sugerindo que esse fungo pode ter contribuído para a resistência ao estresse e melhor assimilação de nutrientes (Ana *et al.*, 2020).

A ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos inoculados e o controle pode estar associada a fatores como a disponibilidade inicial de nutrientes no solo, a compatibilidade das estirpes utilizadas com a cultura e as condições climáticas durante o ciclo da cultura (Mahala *et al.*, 2020).

Estudos adicionais poderiam explorar a interação entre os diferentes microrganismos e sua influência na fisiologia da planta. Ensaio de campo prolongados e avaliações bioquímicas poderiam oferecer mais informações sobre o mecanismo de ação desses microrganismos e sua interação com o amendoim sob diferentes regimes hídricos. Além disso, a aplicação de técnicas moleculares poderia ajudar a entender melhor a colonização das raízes e a expressão gênica associada à absorção de nutrientes e resistência ao estresse hídrico.

Do ponto de vista agrônomo, a adoção da co-inoculação pode ser uma estratégia promissora, especialmente em áreas com restrições hídricas, pois os microrganismos podem atuar na mitigação do estresse hídrico e na melhoria da eficiência do uso da água. No entanto, recomenda-se que futuras pesquisas explorem combinações otimizadas de microrganismos, levando em consideração as condições edafoclimáticas regionais e a variabilidade genética das cultivares de amendoim utilizadas.

Na análise de variância apresentada para a variável produtividade, observa-se que o fator bloco não atingiu significância estatística (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância da variável produtividade

FV	GL	QM	Valor-p	DMS
Bloco	3	111488,5961	0,0603	292,5427
Inoculante	4	160130,0994	0,0113	
Irrigação	1	49457779,1201	0,0000	
Interação	4	28035,7566	0,5993	
Erro	27	40105,8288		
Total corrigido	39			
CV (%)	8,03			
Média geral:	2495,0800			
Total observado	40			

Fonte: Próprio autor. **Legenda:** FV: Fator de variação; CV (%): Coeficiente de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; DMS: Diferença mínima significativa

A irrigação foi novamente altamente significativa ($p < 0,01$), com um Quadrado Médio (QM) extremamente elevado: 49.457.779,1201, o que denota um impacto substancial no rendimento total de grãos. Este resultado confirma a importância da irrigação no suprimento hídrico da cultura, especialmente em regiões com histórico de déficit hídrico sazonal como a Nova Alta Paulista. O estresse hídrico compromete o enchimento dos grãos e, conseqüentemente, reduz o rendimento final por área. Assim, a adoção de sistemas irrigados representa uma estratégia altamente eficaz para maximizar a produção do amendoim nessa região.

O fator inoculante também foi estatisticamente significativo ao nível de 1%, indicando que diferentes MPCPs influenciaram a massa total de grãos por parcela. Com um QM de 160.130,0994, observa-se que o uso de determinados microrganismos benéficos promoveu ganhos significativos no acúmulo de biomassa reprodutiva, provavelmente por meio da melhoria na absorção de nutrientes e aumento da atividade fisiológica 2021 plantas.

Assim como observado na variável “massa de 100 grãos”, a interação entre inoculante e irrigação não foi significativa, o que indica que os efeitos dos fatores ocorreram de maneira independente. Isso é relevante do ponto de vista técnico, pois sugere que a adoção de inoculantes eficientes pode ser recomendada tanto em sistema de sequeiro quanto irrigado, sem que haja perda de eficiência.

Na tabela 11, a inoculação com microrganismos promotores de crescimento mostrou-se uma estratégia eficaz para aumentar a produtividade do

amendoim, especialmente em condições de sequeiro. O tratamento controle (CTL), sem inoculantes, apresentou produtividade significativamente menor no sistema de

sequeiro (1222,89 kg ha⁻¹) em comparação ao irrigado (3466,59 kg ha⁻¹), evidenciando o impacto negativo do déficit hídrico no rendimento da cultura.

Tabela 11. Comparação de médias de tratamento da variável produtividade

TRATAMENTOS	SEM	COM
CTL	1223 Ba	3467 Aa
BR + BA + AZ	1239 Ba	3569 Aa
TR + AZ + BR	1479 Ba	3774 Aa
TR + BA + BR	1651 Ba	3676 Aa
BR + AZ + BA + TR	1323 Ba	3549 Aa

Fonte: Próprio autor. Legenda: Letra maiúscula: comparação entre colunas. Letra minúscula: comparação entre linhas. Legenda: CTL – controle, sem aplicação de inoculante e irrigação; BR - *Bradyrhizobium* sp. (estirpe SEMIA 6144); BA - *Bacillus aryabattai* (cepa CMAA 1363); AZ - *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6); TR- *Trichoderma* sp.

No entanto, a aplicação de inoculantes mitigou esses efeitos, com destaque para o tratamento TR + BA + BR (*Trichoderma* sp. + *B. aryabhattai* + *Bradyrhizobium* sp.), que alcançou 1651,06 kg ha⁻¹ em sequeiro – um incremento de aproximadamente 35% em relação ao controle – e 3676,44 kg ha⁻¹ no sistema irrigado. Esse resultado sugere que essa combinação de microrganismos favorece o desenvolvimento das plantas mesmo sob estresse hídrico, possivelmente por melhorar a absorção de nutrientes e a tolerância ao déficit hídrico.

Em condições irrigadas, os tratamentos com inoculantes apresentaram produtividades estatisticamente semelhantes entre si, variando de 3549,21 kg ha⁻¹ (BR + BA + AZ) a 3773,92 kg ha⁻¹ (TR + BA + BR). Embora superiores ao controle (3466,59 kg ha⁻¹), os ganhos foram menos expressivos, indicando que, na ausência de restrição hídrica, os benefícios da inoculação podem ser limitados.

O tratamento BR + AZ + BA + TR, que combinou todos os microrganismos testados, mostrou maior dependência da irrigação: em sequeiro, sua produtividade foi uma das mais baixas (1323,44 kg ha⁻¹), mas, com irrigação, atingiu 3549,21 kg ha⁻¹. Isso sugere que sua eficácia está vinculada a condições hídricas favoráveis. Por outro lado, a inclusão de *Trichoderma* sp. em combinações como TR + BA + BR

demonstrou

potencial para reduzir a vulnerabilidade da cultura ao estresse, possivelmente por atuar na solubilização de nutrientes e na indução de resistência sistêmica.

Em suma irrigação é determinante para a produtividade do amendoim, mas a inoculação com microrganismos – especialmente combinações como TR + BA + BR – pode otimizar o rendimento tanto em sequeiro (mitigando o estresse hídrico) quanto em sistemas irrigados (com ganhos adicionais). A adoção dessas biotecnologias, aliada a práticas de manejo adequadas, representa uma alternativa sustentável para aumentar a produção agrícola em diferentes condições ambientais.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a irrigação é crucial para o desenvolvimento do amendoim, especialmente por aumentar o número de grãos por vagem e o peso dos grãos, proporcionando condições ideais para processos fisiológicos e a ação de microrganismos. A inoculação com microrganismos promotores de crescimento de plantas, por sua vez, foi essencial para potencializar esses efeitos, sobretudo em situações de estresse hídrico, evidenciando sinergias específicas entre consórcios microbianos. Em sistemas irrigados, essas combinações apresentaram eficiência uniforme, enquanto em sequeiro, determinadas associações se destacaram, indicando que a escolha dos inoculantes deve considerar o ambiente de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ALFAWAZ, A.; ABDEL NOUR, A. **Irrigation systems and methods**. 2014. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US20160066523A1/en>. Acesso em: 27 maio 2025.
- ALVES, É. da S. *et al.* Caracterização de sistema de irrigação por aspersão convencional dimensionado com vazão econômica e prática e diferentes configurações hidráulicas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2172–2182, dez. 2017. DOI: 10.7127/rbai.v11n800706.
- ANUNCIAÇÃO, A. A. da *et al.* Agronomical performance of wheat crops (*Triticum spp*) subjected to *Bacillus* treatments in field environmental conditions. **Revista Científica**, 2024 *Concilium*, v. 24, p. 1-12, mar. 2024. Disponível em: 10.53660/CLM-2959-24D22. Acesso em: 20 mar. 2025.
- BASHAN, Y. *et al.* Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). **Plant and Soil**, v. 378, p. 1-33, 2014. DOI:10.1007/s11104-013-1956-x.
- BELTRÃO, N. E. M. *et al.* Consórcio mamona e amendoim: opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 222–227, out./dez. 2010. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/382> Acesso em: 10 maio 2025.
- BERTIOLI, D. J. *et al.* An overview of peanut and its wild relatives. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization**, v. 9, n. 1, p. 134–149, 2011. DOI:10.1017/S1479262110000444.
- BERUK, H.; YOSEPH, T.; AYALEW, T. Unlocking the potential of inoculation with *Bradyrhizobium* for enhanced growth and symbiotic responses in soybean varieties under controlled conditions. **Agronomy**, v. 14, n. 6, p. 1-16, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061280>.
- CAO, T. *et al.* Cover crop alters rhizosphere sediments to recruit plant growth-promoting microorganisms, enhancing peanut production. **Applied Soil Ecology**, v. 203, p. 1-10, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105620>. Acesso em: 26 fev. 2025.
- CHEN, C. *et al.* Innovative technologies in sprinkler irrigation: an overview. **Agrociencia**, v. 58, n. 7, p. 1–18, 2024. DOI: 10.47163/agrociencia.v58i7.3191.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2024/2025, 7º Levantamento**. Abr. 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 fev. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/2025 – 8º levantamento**. Abr 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/acompanhamento-da-safra>. Acesso em: 17 abr. 2025.

DAS, S. *et al.* Role of Azospirillum in sustainable agriculture: an overview. **Microbiological Research**, v. 242, p. 126614, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126614>.

DORNER, J. W. Relationship between kernel moisture content and water activity in different maturity stages of peanut. **Peanut Science**, v. 35, n. 2, p. 77–80, 2008. <https://doi.org/10.3146/PS07-101.1>.

INCENTIV. **Economia da Cultura**: Entenda a relação entre cultura e economia. 28 abr. 2021. Disponível em: <https://incentiv.me/blog/2021/04/28/economia-da-cultura-como-a-cultura-movimenta-a-economia/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

INFOAMENDOIM. **Cultivares de amendoim IAC alto oleicos: IAC OL 3 e IAC 505**. InfoAmendoim, 16 jun. 2021. Disponível em: <https://infoamendoim.com.br/website/2021/06/16/cultivares-de-amendoim-iac-alto-oleicos/>. Acesso em: 30 maio 2025.

LATHA, P. *et al.* Effect of moisture stress on dry matter production, dry matter partitioning and yield in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. **Legume Research – An International Journal**, v. 47, n. 7, p. 1128-1135, jul. 2024. DOI:10.18805/LR-5105.

MAHALA, D. M. *et al.* Microbial transformation of nutrients in soil: an overview. *In*: SHARMA, S. K. *et al.* (ed.). **Rhizosphere microbes**. Singapore: Springer, 2020. p. 175-211. *Microorganisms for Sustainability*, v. 23.

MOUROUZIDOU, S.; NTINAS, G. K.; TSABALLA, A.; MONOKROUSOS, N. Introducing the power of plant growth promoting microorganisms in soilless systems: a promising alternative for sustainable agriculture. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 1–19, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15075959>.

NASCIMENTO, E. F. de M. B. do *et al.* Brazilian Kayabi Indian accessions of peanut, *Arachis hypogaea* (Fabales, Fabaceae): origin, diversity and evolution. **Genetics and Molecular Biology**, v. 43, n. 4, p.1-13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2019-0418>.

NAJEEB, U. *et al.* Adaptation of crops to warmer climates: morphological and physiological mechanisms. *In*: SARKAR, A.; SENSARMA, S. R.; VANLOON, G. W. (org.). **Sustainable solutions for food security**. Cham, Switzerland: Springer, 2019. cap. 2, p. 27–50. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77878-5_2 Acesso em: 30 abr. 2025.

NUWARAPAKSHA, T. D. *et al.* Revolutionizing agriculture by advanced water and irrigation management technologies. *In*: CHOUHAN, S. S. *et al.* (org.). **Handbook of research on sustainable water management and intelligent irrigation systems in agriculture**. Hershey: IGI Global Scientific Publishing, 2025. p. 285–318. DOI:10.4018/979-8-3693-6920-3.ch009. cap. 9.

SANTOS, A. A. C. *et al.* A cultura do *Arachis hypogaea* L.: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. 1-5, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12719>. Acesso em: 6 jun. 2025.

SANTOS, F. S. **Cultura do amendoim no Brasil: panorama e desafios**. São Paulo: Editora AgroBrasil, 2020.

SARI, D. A.; WARINTA; YAMIN, B. M. Utilization of Integrated Irrigation Systems to Improve Water Use Efficiency in Agriculture. **Agricultural Power Journal (APJ)**, v. 1, n. 1, p. 1-9, Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/384034364_Utilization_of_Integrated_Irrigation_Systems_to_Improve_Water_Use_Efficiency_in_Agriculture/fulltext/66e59168f84dd1716cef984d/Utilization-of-Integrated-Irrigation-Systems-to-Improve-Water-Use-Efficiency-in-Agriculture.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 15 maio 2025.

SINGH, A. K. *et al.* Revolutionary role of Trichoderma in sustainable plant health management: a review. **International Journal of Environment and Climate Change**, v. 13, n. 11, p. 4203-4217, 2023. DOI: 10.9734/IJECC/2023/v13i113600.

SOUZA, G. P. de; FERRAREZI JÚNIOR, E. Produção de amendoim no estado de São Paulo e sua viabilidade. **Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 620-629, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v19i2.1469>.

TESTEZLAF, R. **Sistema de irrigação**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2017.

YANG, S. *et al.* Deciphering the proteome and phosphoproteome of peanut (*Arachis hypogaea* L.) pegs penetrating into the soil. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 2, p. 634, 2025.

YU, T. *et al.* Short-term continuous monocropping reduces peanut yield mainly via altering soil enzyme activity and fungal community. **Environmental Research**, v. 245, p. 117977, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117977>.

WAHAB, A. *et al.* Role of plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable agriculture: Addressing environmental and biological challenges. **Journal of Plant Physiology**, v. 307, p. 1-14, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2025.154455>.