



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**GIRNA DOS SANTOS OLIVEIRA**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA, BIOFERTILIZANTE BOVINO E *BACILLUS SP.* NO  
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO AMENDOIM SOB ESTRESSE  
SALINO**

**FORTALEZA**  
**2024**

GIRNA DOS SANTOS OLIVEIRA

ADUBAÇÃO FOSFATADA, BIOFERTILIZANTE BOVINO E *BACILLUS SP.* NO  
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO AMENDOIM SOB ESTRESSE  
SALINO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana

Coorientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- 
- O47a Oliveira, Girna dos Santos.  
Adubação fosfatada, biofertilizante bovino e *Bacillus* sp. no desempenho agrônômico da cultura do amendoim sob estresse salino / Girna dos Santos Oliveira. – 2024.  
77 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana .  
Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.
1. *Arachis hypogaea* L. 2. Estresse abiótico. 3. Nutrição de plantas. 4. Micro-organismos. I.  
Título.

CDD 630

---

GIRNA DOS SANTOS OLIVEIRA

ADUBAÇÃO FOSFATADA, BIOFERTILIZANTE BOVINO E *BACILLUS SP.* NO  
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO AMENDOIM SOB ESTRESSE  
SALINO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em 20/03/2024

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Coorientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Kelly Nascimento Leite

Universidade Federal do Acre (UFAC)

---

Prof. Dr. Arthur Prudêncio de Araújo Pereira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Leonardo Vieira de Sousa

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pelas bênçãos, saúde e conquistas. Sem as suas bênçãos nada seria realizado.

A minha mãe, Nairla, por todo o investimento nos meus estudos. Agradeço o suporte, os ensinamentos e bons exemplos, correções e muito amor, além de toda a dedicação da sua vida para cuidar tão bem da minha, a senhora é meu maior exemplo de força. Obrigada por ser um dos alicerces mais firmes da minha vida.

Aos meus avós, José Maria e Maria Ferreira, pelo lar que me proporcionaram desde criança, sem nunca ter faltado nada, minha eterna gratidão a vocês. Em especial ao meu avô por ter me dado a oportunidade de viver o amor de avô e pai na mesma pessoa.

Ao meu namorado, Mateus, pelo companheirismo, carinho, amor, compreensão, paciência e suporte em momentos importantes como esse. Obrigada por todos os momentos já vividos e por todo seu apoio.

Ao meu orientador, Professor Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana, pelos ensinamentos em sala de aula e colaboração ao longo desses dois anos.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Geocleber Gomes de Sousa, pelos seus ensinamentos, toda a sua paciência e dedicação à docência e na condução dessa pesquisa.

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

Ao grupo de pesquisa em Fertilizante e Salinidade (Bio-Sal) pela ajuda na condução do experimento, desde a instalação até às avaliações.

Aos colegas de pós-graduação pelo apoio e momentos vividos durante esse período.

Aos meus amigos Samuel Oliveira e Hermeson Costa pela ajuda, amizade e parceria durante os meses de condução e avaliação do experimento, sem vocês esse período teria sido muito mais difícil. Muito obrigada pela convivência diária e todas as oportunidades que tivemos juntos.

A UNILAB, UPMA e ao Professor Dr. Gustavo Chaves pelo apoio técnico e disponibilidade da área para a realização do experimento.

A todos que fazem parte do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

## RESUMO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma importante cultura agrícola no Brasil, considerada uma das mais importantes oleaginosas cultivadas. O uso de bactérias solubilizadoras de fertilizantes pode mitigar o estresse salino. O objetivo deste estudo foi avaliar as trocas gasosas, o crescimento e a produção da cultura do amendoim irrigada com água salobra sob adubação fosfatada e inoculada com bactérias do gênero *Bacillus* sp. O delineamento experimental utilizado neste estudo foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 x 2, com 5 repetições, referente às formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 – biofertilizante), presença e ausência do inoculante e dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa – 0.3 e 4.0 dS m<sup>-1</sup>). Adubação com adubo orgânico (100% biofertilizante) e fertilizante mineral (50 e 100% de fósforo) associado com *Bacillus* sp. mitigou os danos causados pelo estresse salino e promoveu maior eficiência no uso da água, no índice de clorofila, na concentração interna de CO<sub>2</sub> e no diâmetro do caule. O tratamento controle (sem adubação fosfatada e sem estresse salino) e a aplicação de *Bacillus* sp. promoveu maior desempenho na fotossíntese líquida, na taxa de transpiração, na condutância estomática e na altura da planta em amendoim. A utilização de biofertilizante bovino associado ao uso de *Bacillus* sp. mitigaram o estresse salino e proporcionaram maior desempenho em comprimento de vagem, número total de vagem e a produção da cultura do amendoim. As formas de adubação com 50% e 100% das doses recomendadas de fósforo, associada ao uso de *Bacillus* sp. foram mais eficientes para o comprimento de vagem, massa de vagem e a produção quando irrigada com água de menor salinidade.

**Palavras-chave:** *Arachis hypogaea* L.; estresse abiótico; nutrição de plantas; micro-organismos.

## ABSTRACT

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is an important agricultural crop in Brazil, considered one of the most important cultivated oilseeds. The use of fertilizer-solubilizing bacteria can mitigate salt stress. The objective of this study was to evaluate gas exchange, growth and production of peanut crops irrigated with brackish water under phosphate fertilizer and inoculated with bacteria of the genus *Bacillus* sp. The experimental design used in this study was completely randomized, in a 4 x 2 x 2 factorial scheme, with 5 replications, referring to the forms of fertilization (F1 - 0% phosphorus, F2 - 50% phosphorus, F3 - 100% phosphorus and F4 - biofertilizer), presence and absence of the inoculant and two levels of electrical conductivity of the irrigation water (ECa – 0.3 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>). Fertilization with organic fertilizer (100% biofertilizer) and mineral fertilizer (50 and 100% phosphorus) associated with *Bacillus* sp. mitigated the damage caused by saline stress and promoted greater efficiency in water use, chlorophyll index, internal CO<sub>2</sub> concentration and stem diameter. The control treatment (without phosphate fertilizer and without salt stress) and the application of *Bacillus* sp. promoted greater performance in net photosynthesis, transpiration rate, stomatal conductance and plant height in peanuts. The use of bovine biofertilizer associated with the use of *Bacillus* sp. mitigated saline stress and provided greater performance in pod length, total pod number and peanut crop production. Fertilization forms with 50% and 100% of the recommended doses of phosphorus, associated with the use of *Bacillus* sp. were more efficient for pod length, pod mass and production when irrigated with water of lower salinity.

**Keywords:** *Arachis hypogaea* L.; abiotic stress; plant nutrition; microorganisms.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Dados meteorológicos durante a condução do experimento .....	30
Figura 2	– Enchimento dos vasos (A) e semeadura do amendoim (B) .....	31
Figura 3	– Croqui da área experimental .....	32
Figura 4	– Cultura do amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) cv. BR-1 .....	33
Figura 5	– Preparo (A) e armazenamento do biofertilizante bovino (B) .....	35
Figura 6	– Inoculação de sementes de amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) com cepas de bactérias BRM 119 ( <i>Bacillus megaterium</i> ) e BRM 2084 ( <i>Bacillus subtilis</i> ) ..	36
Figura 7	– Medições de trocas gasosas (A) e índice relativo de clorofila (B) em amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) submetido a aplicação de adubação fosfatada, biofertilizante e <i>Bacillus</i> sp .....	37
Figura 8	– Processo de colheita (A), contagem do número de vagens (B), determinação do comprimento e diâmetro de vagens (C-D), massa de vagens (E) massa dos grãos (F) em amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) submetido a aplicação de adubação fosfatada, biofertilizante bovino e <i>Bacillus</i> sp .....	39
Figura 9	– Número de folhas de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	42
Figura 10	– Altura de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença (PI) e ausência (AI) do inoculante e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	43
Figura 11	– Diâmetro do caule de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	44
Figura 12	– Área foliar de plantas de amendoim submetidas a diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e	



F4 - biofertilizante bovino) .....	45
Figura 13 – Transpiração plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	47
Figura 14 – Taxa fotossintética de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	48
Figura 15 – Condutância estomática de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	49
Figura 16 – Eficiência no uso da água de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	51
Figura 17 – Índice relativo de clorofila de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	52
Figura 18 – Concentração interna de CO <sub>2</sub> de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	53
Figura 19 – Comprimento da vagem de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo	

e F4 – adubação com biofertilizante bovino) e presença e ausência do inoculante .....	55
Figura 20 – Comprimento de vagem de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 – 0% de fósforo, F2 – 50% de fósforo, F3 – 100% de fósforo e F4 – adubação com biofertilizante bovino) e níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0.3 dS m <sup>-1</sup> e 4.0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	56
Figura 21 – Diâmetro de vagem de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), na presença e na ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	57
Figura 22 – Massa de vagens de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	59
Figura 23 – Número total de vagens de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	60
Figura 24 – Produção de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m <sup>-1</sup> ) .....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos do substrato utilizado antes da aplicação dos tratamentos .....	31
Tabela 2 – Caracterização química do biofertilizante bovino de fermentação aeróbia.....	35
Tabela 3 – Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) em amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) sob diferentes formas de adubação, níveis de condutividade elétrica da água e inoculação de <i>Bacillus</i> sp.....	41
Tabela 4 – Resumo da análise de variância para transpiração (E), temperatura foliar (Tf) condutância estomática (gs), fotossíntese (A), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), índice relativo de clorofila (IRC) e eficiência no uso da água (EUA) em amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) sob diferentes formas de adubação, níveis de condutividade elétrica da água e inoculação de <i>Bacillus</i> sp.....	46
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para o comprimento de vagem (CVa), diâmetro de vagem (DV), massa das vagens (MV), número total de vagens (NTV), vagens comerciais (VC), vagens não comerciais (VNC) e produção (PROD) em amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) sob diferentes formas de adubação, níveis de condutividade elétrica da água e inoculação.....	54

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	HIPÓTESES .....	15
3	OBJETIVOS .....	15
3.1	Objetivo geral .....	16
3.2	Objetivos específicos .....	16
4	REVISÃO DE LITERATURA .....	17
4.1	A cultura do amendoim .....	17
4.1.1	<i>Origem e aspectos botânicos</i> .....	17
4.2	Manejo da agricultura irrigada .....	18
4.2.1	<i>Irrigação e qualidade da água em regiões semiáridas</i> .....	18
4.2.2	<i>Efeitos do uso de águas salobras na agricultura</i> .....	19
4.3	Adubação .....	20
4.3.1	<i>Adubação química</i> .....	20
4.3.2	<i>Adubação fosfatada</i> .....	21
4.3.3	<i>Uso de biofertilizantes como fonte orgânica</i> .....	24
4.4	Microrganismos na agricultura .....	25
4.4.1	O papel de microrganismos em ambientes salinos .....	25
4.4.2	Microrganismos solubilizadores de fósforo .....	26
4.4.3	<i>Bactérias solubilizadoras de fósforo e adubação fosfatada</i> .....	28
5	MATERIAL E MÉTODOS .....	30
5.1	Localização e caracterização da área experimental .....	30
5.2	Caracterização do experimento .....	30
5.3	Delineamento experimental .....	31
5.4	Cultura adotada .....	32
5.5	Manejo da irrigação .....	33
5.6	Manejo da adubação .....	34
5.6.1	<i>Adubação mineral</i> .....	34
5.6.2	<i>Adubação orgânica com biofertilizante bovino</i> .....	34
5.7	Inoculação com microrganismos .....	36
5.8	Variáveis analisadas .....	36
5.8.1	<i>Crescimento</i> .....	36
5.8.2	<i>Variáveis fisiológicas</i> .....	37

5.8.3	<i>Componentes de produção</i> .....	37
5.9	<i>Análise estatística</i> .....	40
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
6.1	<b>Crescimento</b> .....	41
6.1.1	<b>Número de folhas</b> .....	41
6.1.2	<i>Altura de planta</i> .....	42
6.1.3	<i>Diâmetro do caule</i> .....	43
6.1.4	<i>Área foliar</i> .....	44
6.2	<b>Trocas gasosas</b> .....	45
6.2.1	<i>Transpiração</i> .....	47
6.2.2	<i>Taxa fotossintética</i> .....	48
6.2.3	<i>Condutância estomática</i> .....	49
6.2.4	<i>Eficiência no uso da água</i> .....	50
6.2.5	<i>Índice relativo de clorofila</i> .....	52
6.2.6	<i>Concentração interna de CO<sub>2</sub></i> .....	53
6.3	<b>Componentes da produção</b> .....	54
6.3.1	<i>Comprimento da vagem</i> .....	54
6.3.2	<i>Diâmetro da vagem</i> .....	57
6.3.3	<i>Massa de vagens</i> .....	58
6.3.4	<i>Número total de vagens</i> .....	60
6.3.5	<i>Produção</i> .....	61
7	<b>CONCLUSÕES</b> .....	64
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) pertence à família Fabaceae e é uma das principais culturas agrícolas do Brasil e de outros países, tornando-se uma das mais importantes oleaginosas cultivadas e se destaca sendo a segunda mais cultivada no Brasil, atingindo uma produção na safra 2022/2023 de 893 mil toneladas. No estado do Ceará, a produtividade chegou a 1.165 kg ha<sup>-1</sup> na mesma safra (CONAB, 2023).

Nas regiões semiáridas, as culturas agrícolas estão sujeitas aos efeitos de fatores abióticos, como os estresses hídrico e salino. O uso da irrigação com água salobra provoca redução no potencial osmótico do solo e, conseqüentemente, na absorção de água e de nutrientes, causando restrições nas atividades fisiológicas e reduções no rendimento das culturas (BARBOSA *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2022).

Uma alternativa para se mitigar o estresse salino está no uso da adubação mineral ou orgânica no meio de cultivo da cultura do amendoim. A utilização do fertilizante fosfatado como fonte mineral pode proporcionar maior ação no crescimento das raízes, na maturação dos frutos e na formação de grãos e frutos (PRADO, 2020). Estudos realizados por Silva *et al.* (2022), revelaram efeito positivo no cultivo de amendoim sob adubação fosfatada e estresse salino. Da mesma forma, Ribeiro *et al.* (2022) descrevem a atenuação pela adubação fosfatada em cultura de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) irrigadas com água salobra. Já a fonte orgânica com biofertilizante bovino melhorou as propriedades químicas e microbiológicas do solo (SOUSA *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2019b).

Utilizando biofertilizante bovino na cultura do amendoim, Souza *et al.* (2019a) obtiveram resultados satisfatórios com a produtividade da cultura, sendo similar à produtividade com o uso de adubação mineral. Freire *et al.* (2022), em combinação com biofertilizantes caprino, de aves e esterco bovino, encontraram produtividade do milho superior à produtividade de plantas que não receberam nenhuma combinação de adubos orgânicos.

A fertilização mineral ou orgânica associada ao uso de bioestimulante está em ascensão no meio científico. O uso de microrganismos, por exemplo, ajuda a colonizar as raízes e atuam secretando diversos produtos como fitohormônios e antioxidantes e melhoram a solubilidade e absorção de nutrientes (CASTALDI *et al.*, 2023).

A utilização de bactérias do gênero *Bacillus* como *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* é capaz de desenvolver atividades adaptativas em maiores concentrações salinas e melhorar a disponibilidade de fósforo para as plantas (LIU *et al.*, 2020). A inoculação com

*Bacillus megaterium*, em estudo de Zhu *et al.* (2023), melhorou significativamente o desempenho de plantas de milho sob condições salinas, melhorando a biomassa das plantas e a concentração de fósforo na parte aérea e no solo. Em trabalho desenvolvido por Lastochkina *et al.* (2021), em condições de estresse em plantas de feijão inoculadas com *Bacillus subtilis*, esses autores relataram que essas bactérias exerceram efeito protetor sobre o crescimento das plantas, regulando os mecanismos de defesa vegetal.

A inoculação com *Bacillus* é capaz de melhorar a eficiência dos fertilizantes fosfatados na agricultura, solubilizando o fósforo e deixando-o prontamente disponível para absorção e assimilação pelas plantas (LIU *et al.*, 2020; VALLE-ROMERO *et al.*, 2023). Pereira *et al.* (2020), ao inocularem plantas de milho com *Bacillus subtilis* e utilizarem doses de fósforo, obtiveram aumento na eficiência de uso de fósforo pelas plantas e, conseqüentemente, aumento no rendimento das plantas inoculadas em comparação com às plantas que não receberam inoculação e nem doses de fósforo.

## **2 HIPÓTESES**

A adubação orgânica com biofertilizante bovino atenua o estresse salino e maximiza a produção da cultura do amendoim.

O uso de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* associado a adubação de 50% da adubação fosfatada aumenta a produção da cultura do amendoim.

O estresse salino afeta negativamente as trocas gasosas e os componentes de produção da cultura do amendoim.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

Avaliar o crescimento, trocas gasosas e produção do amendoim sob estresse salino com diferentes fontes de adubação e inoculação de bactérias no solo.

### **3.2 Objetivos específicos**

Avaliar a altura da planta, o diâmetro do caule, a área foliar, e o número de folhas da cultura do amendoim irrigada com água de maior e de menor salinidade, sob diferentes formas de adubação, na presença e na ausência do inoculante.

Analisar a interação entre as diferentes formas de adubação no solo com e sem inoculante sob os aspectos fisiológicos da cultura do amendoim irrigada com água salobra.

Identificar a melhor forma de adubação com a presença e a ausência do inoculante sob a produção do amendoim irrigado com água de maior e menor salinidade.



## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 A cultura do amendoim

#### 4.1.1 Origem e aspectos botânicos

A cultura do amendoim (*Arachis hypogea* L.) é uma espécie originária da América do Sul. O gênero *Arachis* compreende cerca de 81 espécies descritas distribuídas em vasta diversidade de ambientes. Apesar da existência de espécies silvestres de amendoim no Brasil, é possível se identificar que a planta pertence ao gênero *Arachis* pela presença de ginóforos, estrutura reprodutiva encontrada a partir da base da flor. O plantio de amendoim é destinado principalmente à produção de grãos, de óleos e de farelo (GRACIANO *et al.*, 2011; ARYA; SALVE; CHAUHAN, 2015).

O amendoim é uma planta herbácea com hábito de crescimento rasteiro ou ereto, a haste principal varia de 12 a 60 cm (NOGUEIRA *et al.*, 2013). A planta apresenta vagens de tamanho médio e de moderada constrição. A cultura tem grande importância econômica pelo seu alto valor nutricional, podendo ser utilizada diretamente na alimentação humana. A oleaginosa é plantada em grande escala nos continentes americano, africano e asiático e a sua produtividade média no Brasil chegou a 4.041 kg ha<sup>-1</sup> na safra de 2023 (FERRARI NETO *et al.*, 2012; VASCONCELOS *et al.*, 2015; CONAB, 2023).

O amendoim é uma opção para ser utilizada na região Nordeste, em razão da sua ampla capacidade de adaptação em ambientes de clima semiárido e a elevada tolerância a condições de estresse hídrico. A cultura apresenta excelente palatabilidade, é rica em proteínas e em vitaminas do complexo B1 e B2. Tem grande consumo no Brasil e em vários países do mundo, seja in natura, salgado, torrado, indústria de doce ou na alimentação animal através de feno (SOUSA *et al.*, 2013).

É utilizado na indústria de gêneros alimentícios em razão da alta qualidade de seu óleo que é resistente à saturação, e de sabor agradável, equipara-se ao óleo de milho, de girassol e ao de oliva. Após a extração do óleo, é obtida a torta ou farelo de amendoim, como coproduto de alto valor energético, com cerca de 45% de proteína, média de 8,5% de matéria graxa e, no máximo, 9,5% de celulose. O amendoim apresenta rendimento industrial superado apenas pelo girassol, com aproveitamento médio de aproximadamente 40% para óleo e 50% para farelo (TASSO JUNIOR; MARQUES; NOGUEIRA, 2004).

O amendoim pode ser cultivado em quase todos os tipos de solo e atinge melhores rendimentos naqueles com razoável fertilidade, bem drenado e de textura arenosa, favorecendo a penetração dos ginóforos e o desenvolvimento das vagens (BOLONHEZI; GODOY; SANTOS, 2013). Salienta-se que no início do florescimento é essencial que as exigências hídricas e nutricionais da cultura sejam atendidas para se evitar redução na produção, pois nessa fase ocorre a produção de flores e de ginóforos, a penetração dos ginóforos no solo e o desenvolvimento de vagens (FERRARI NETO *et al.*, 2012).

O amendoim possui processo de frutificação designado geocarpia, a flor após ser fecundada produz fruto subterrâneo. Após a fecundação é formado o ginóforo, bastão de estrutura mais ou menos rígida que se estende em direção ao solo, levando o ovário fecundado na sua extremidade. O ginóforo penetra no solo em uma profundidade de até 10 cm, e em seguida dá início à formação do fruto, classificado como vagem (GODOY; MINOTTI; RESENDE, 2005). A colheita ocorre quando cerca de 70% das vagens atingem a fase de maturação fisiológica completa. As plantas de amendoim encontram-se na fase final de maturação quando a vagem está com textura fina e sua face interna tem manchas de coloração marrom (SANTOS *et al.*, 2013).

## **4.2 Manejo da agricultura irrigada**

### ***4.2.1 Irrigação e qualidade da água em regiões semiáridas***

No Nordeste brasileiro, há limitações quanto ao uso da água. A região apresenta cenários de escassez hídrica e irregularidade de chuvas na maior parte do ano, e taxas de evapotranspiração que superam as taxas de precipitação. Em situações como essa, a irrigação é a única maneira de se garantir a produtividade das culturas. Contudo, as águas destinadas à irrigação devem ser avaliadas sob aspectos como os riscos de salinidade e a toxicidade de íons específicos (DIAS; BLANCO, 2016).

O problema hídrico na região semiárida é abordado por Holanda *et al.* (2016). Esses autores comentam que devido a maiores temperaturas nessa região, a evaporação de água no solo é muito elevada acarretando perdas de água nos solos. Se as precipitações fossem bem distribuídas no tempo e no espaço, o solo ficaria com maior disponibilidade de água e em caso de maiores teores de sais, estes poderiam ser lixiviados no perfil.

A qualidade da água utilizada na agricultura é um dos aspectos mais relevantes para o sucesso da irrigação como prática agrícola, visto que o aumento da concentração de sais tem

a potencialidade de degradar os solos e inviabilizar a produção agrícola a situações antieconômicas (PESSOA *et al.*, 2012). Segundo Ribeiro *et al.* (2016), a baixa precipitação pluvial, a presença de camadas impermeáveis e a elevada evapotranspiração contribuem para o aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo.

Em regiões semiáridas brasileiras, as culturas agrícolas estão mais sujeitas a sofrer com os efeitos de fatores abióticos que causam estresses às plantas, como os estresses hídrico, nutricional e salino (MINHAS *et al.*, 2020). De acordo com Zhao *et al.* (2022), estresses abióticos podem causar redução no rendimento das culturas. Entretanto, o estresse salino é um dos principais problemas que os agricultores enfrentam para garantir a produtividade das culturas, devido à redução direta no rendimento das plantas, causada pela menor absorção de água (HOLANDA *et al.*, 2016).

#### **4.2.2 Efeitos do uso de águas salobras na agricultura**

O uso da irrigação com águas contendo elevados teores de sais provoca redução no potencial osmótico do solo e, conseqüentemente, na absorção de água e de nutrientes, causando restrições na expansão foliar e nas atividades fisiológicas, a toxicidade de íons e reduções nas produtividades das culturas (DIAS; BLANCO, 2016; FREITAS *et al.*, 2021a; SOUSA *et al.*, 2022).

As culturas respondem diferentemente quanto à presença de sais na água de irrigação, desde as mais tolerantes até as que apresentam maior sensibilidade ao excesso de sais. A cultura do amendoim apresenta salinidade limiar de  $3,2 \text{ dS m}^{-1}$  para a água de irrigação e é classificada como moderadamente sensível à presença de sais (AYERS; WESTCOT, 1999).

As plantas submetidas à salinidade têm seu metabolismo prejudicado com a redução da transpiração nas culturas, pois a salinidade em razão do efeito osmótico, limita o fluxo de água no sentido solo, planta e atmosfera resultando também em maior temperatura foliar. O aumento da temperatura nas folhas pode indicar deficiência hídrica no solo pelo fechamento estomático, para evitar que as plantas percam água por transpiração (SOUSA *et al.*, 2021a; TRUȘCĂ *et al.*, 2023).

O aumento do teor de sais na água de irrigação eleva os níveis de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nos tecidos vegetais. Os maiores teores de  $\text{Cl}^-$  estão associados à presença de solos sódicos, alcalinos ou salinos de regiões semiáridas, como no Nordeste brasileiro, e quando em excesso influenciam diretamente a qualidade de produtos agrícolas (PRADO, 2020; SOUSA *et al.*, 2022).

Com a absorção e o acúmulo dos íons tóxicos ( $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ ), as plantas apresentam como consequência um distúrbio nutricional, levando-as à perda de rendimento, ao crescimento atrofiado e a menor produção de frutos (ROUPHAEL *et al.*, 2017). Taiz *et al.* (2017) comentam que devido à elevação da pressão osmótica, ocorre uma redução no crescimento da parte aérea da planta, além disso, o acúmulo de íons tóxicos nas folhas inibe o processo fotossintético de plantas.

De acordo com Canjá *et al.* (2021), a planta de amendoim é capaz de se ajustar osmoticamente para absorver água de uma solução com elevada concentração de sais. As plantas reduzem o potencial osmótico das folhas com o aumento da condutividade elétrica do solo, sendo esse um comportamento adaptativo da espécie para promover a hidratação dos seus tecidos e assim retardar os efeitos deletérios ocasionado pelo déficit hídrico. Em condições salinas, o amendoim tem a capacidade de aumentar a massa de raízes e com isso melhor explorar a área do solo, possibilitando melhor eficiência na absorção de água e de nutrientes e com isso favorecer o desenvolvimento do sistema radicular da cultura (GRACIANO *et al.*, 2011; LESSA *et al.*, 2021).

A redução no potencial hídrico da folha devido ao efeito osmótico da solução salina dificulta a absorção de água pelas plantas e reduz a turgescência foliar. A resposta causa redução na superfície de transpiração e a área de captação da radiação, conseqüentemente, com a menor transpiração, há menor absorção de nutrientes via solo e menos troca de  $\text{CO}_2$  com o ambiente e isso levará à diminuição no potencial fotossintético (SOUSA *et al.*, 2021b). De acordo com Suárez *et al.* (2015), as plantas que estão expostas ao estresse salino absorvem elevadas quantidades de  $\text{Na}^+$ , apresentando limitação no transporte, na assimilação e na distribuição de nutrientes e o desequilíbrio de nutrientes nos órgãos da planta.

### **4.3 Adubação**

#### **4.3.1 Adubação química**

A maioria dos solos brasileiros, embora com propriedades físicas adequadas, apresenta características químicas que interferem diretamente na fertilidade desses solos, como elevada acidez, altos teores de alumínio trocável e deficiência de nutrientes. Entretanto, quando corrigidos quimicamente, esses solos apresentam grande potencial para ser cultivado (BORIN, 2014).

A adubação de culturas agrícolas pode ser definida como o fornecimento de um determinado elemento mineral essencial para que seja completado o desenvolvimento vegetal. A produtividade das culturas depende de fatores desde as condições climáticas até as exigências de nutrientes que influenciam na capacidade da planta de retirar nutrientes do meio de cultivo. Quando presente em quantidades insuficientes causam limitações nas células com alterações no metabolismo da planta e menor produtividade (MCGRATH; SPARGO; PENN, 2014).

O adequado fornecimento e balanceado de nutrientes favorece ganhos significativos na produção, mas é diretamente dependente de um prévio monitoramento da fertilidade do solo e do acompanhamento do estado nutricional da planta (BOARETTO; NATALLE, 2016). Porém, as plantas requerem os mesmos macros e micronutrientes, entretanto as concentrações de todos esses elementos variam muito entre as espécies vegetais (LAMBERS, 2023).

Para a cultura do amendoim, o fósforo é o nutriente mais exigido, sendo um importante fator de produtividade para a cultura do amendoim, crucial para o metabolismo das plantas, atuando na transferência de energia na célula, na taxa respiratória, na fotossíntese, compõem estruturas de ácidos nucleicos, de genes, de cromossomos e de diversas coenzimas (PINTO *et al.*, 2020). Segundo Feitosa *et al.* (1993), cerca de 75% do fósforo absorvido pelo amendoim são encontrados nos frutos, evidenciando a importância que o nutriente possui para a produtividade da cultura.

O amendoim fixa quantidades suficientes de nitrogênio por meio da associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. A fixação resulta em menor necessidade de adubação nitrogenada para a cultura, sendo recomendada como forma de auxiliar a planta no início do seu ciclo, quando os nódulos ainda não estão funcionais, ou como complementar para sistemas de alta produtividade (SILVA *et al.*, 2017).

Já o potássio possui grande importância no desenvolvimento vegetal e é o segundo nutriente mais absorvido pelo amendoim. O nutriente participa de funções essenciais nas plantas como a regulação de abertura e do fechamento dos estômatos, mantém a turgidez celular, promove absorção de água e regula a translocação de nutrientes (PRADO, 2020).

#### **4.3.2 Adubação fosfatada**

Nos últimos anos, o fósforo tem se destacado em razão da eficiência do seu uso na agricultura por diversos motivos. Primeiro, a rocha fosfática (RP), matéria-prima para a produção de fertilizantes fosfatados, é um recurso finito e não renovável, e, portanto, deve ser usado de forma eficiente para maximizar sua vida útil. Segundo, há a necessidade de manter e

melhorar o status de P de muitos solos. Em terceiro, o P pode ser um dos principais determinantes do efeito adverso da eutrofização em corpos d'água superficiais (JOHNSTON *et al.* 2014).

As reservas mundiais de rocha fosfática encontram-se em sua maioria em depósitos de origem sedimentar, seguidas pela ígnea e biogênica. As maiores reservas brasileiras de rochas fosfáticas ocorrem em rochas ígneas, com teores médios de  $P_2O_5$  variando entre 4% e 15%. São rochas de mineralogia mais complexa, com baixo grau de uniformidade, resultando em um aproveitamento industrial mais complexo e, conseqüentemente, mais custoso. Os depósitos ígneos brasileiros correspondem a cerca de 80% da produção nacional de fosfato. (SCHUELER; DOURADO; RIZZO, 2019).

Em condições de futura escassez de rocha fosfática, isso poderá ameaçar a segurança alimentar global e quanto mais difícil for a exploração econômica de rochas fosfáticas, maiores serão os custos dos fertilizantes fosfatados, afetando ainda mais a lucratividade agrícola e os meios de subsistência rurais (OWEN *et al.*, 2015).

Na adubação, as quantidades recomendadas de fósforo se assemelham ou até superam as recomendações de N e de K, devido a sua dinâmica nos solos, principalmente nos de regiões tropicais. O elemento faz parte de vários compostos na vida das plantas, como os intermediários de açúcares, fosfolipídeos e fosfoproteínas, centram-se no armazenamento e transferência de energia como a adenosina trifosfato (ATP), em processos de respiração e na fotossíntese (BRADY; WEIL, 2009).

O fósforo no solo apresenta baixa mobilidade e é encontrado basicamente na forma orgânica (Po) e na inorgânica (Pi), com predomínio da forma  $H_2PO_4^-$  na solução do solo e assimilável pelas culturas e microrganismos do solo. A baixa mobilidade e a alta tendência à adsorção em óxidos de Fe e Al torna o P deficiente na maioria dos solos brasileiros (CARDOSO; TSAI; NEVES, 1992).

O fósforo é absorvido da solução do solo pelas raízes das plantas como íons ortofosfato,  $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$ . Muitos fatores influenciam nas taxas e nas quantidades de P absorvidos pelas raízes, como a concentração de P na solução do solo e a capacidade tampão de P do solo. O sistema radicular também influencia, como o tamanho e a extensão em que as raízes crescem no solo (JOHNSTON *et al.*, 2014).

Existem três categorias de mecanismos de eficiência de P em plantas para aumentar a disponibilidade e a absorção de P sob condições de deficiência: (i) alteração da geometria ou da arquitetura do sistema radicular, (ii) secreção e exsudação de compostos químicos na rizosfera, e (iii) associação com microrganismos (RENGEL; MARSCHNER, 2005).

O P atinge as raízes das plantas por difusão, por isso a aplicação dos adubos fosfatados deve ser próxima às raízes. Os solos de regiões tropicais apresentam baixos níveis de P em razão do intenso intemperismo no decorrer dos anos. A principal fonte desses elementos no solo é a matéria orgânica, que pode variar entre 20 e 80% do total de P. As transformações químicas e biológicas são as principais responsáveis pela eficiência de utilização de P, aumentando a disponibilidade do nutriente no solo (BRADY; WEIL, 2009).

O baixo conteúdo natural de P no solo, a formação de compostos altamente insolúveis e a adição de fontes altamente solúveis são os principais problemas no manejo desse nutriente em solos tropicais (BRADY; WEIL, 2009). Com isso, busca-se melhorar a eficiência do uso de P na agricultura, principalmente na produção de culturas para alimentos, rações, biocombustíveis e fibras (JOHNSTON *et al.*, 2014). Uma das possibilidades para se reduzir a entrada de fertilizantes inorgânicos e contribuir para explorar as reservas de P no solo é realizando a inclusão de microrganismos (OWEN *et al.*, 2015).

Em condições de cultivo em regiões com elevadas concentrações de sais há também problemas relacionados com a disponibilidade de nutrientes. A interação entre salinidade e a adubação fosfatada é complexa. Essa interação depende da espécie da planta, da idade de desenvolvimento da planta, da composição e do nível de salinidade e da concentração de P no substrato. A disponibilidade de fosfato é reduzida em solos salinos por efeito da força iônica que reduz a atividade do fosfato e devido às concentrações de fosfato no solo estarem sujeitas aos processos de sorção e pela baixa disponibilidade do mineral (GRATTAN; GRIEVE, 1999).

Uma adequada nutrição de fósforo aumenta os processos fundamentais da fotossíntese, da fixação de nitrogênio, da floração, da frutificação e da maturação. O nutriente é necessário em quantidades particularmente grandes nos tecidos meristemáticos, como os da extremidade da raiz (BRADY; WEIL, 2009).

Na cultura do amendoim, diversos estudos foram realizados com diferentes doses de adubação fosfatada, como em trabalho realizado por Guilherme *et al.* (2021). Nesse estudo, as plantas de amendoim receberam duas doses de fósforo, com 50 e 100% da recomendação de fósforo para a cultura. Os autores observaram que as plantas que receberam doses com 100% da recomendação obtiveram aumento no número total de vagens por planta, na massa de vagens e na produtividade da cultura, demonstrando a importância da adubação fosfatada para o desenvolvimento da cultura.

Diante do cenário na região semiárida e a dinâmica entre a salinidade e a disponibilidade de P, é importante adotar estratégias que visem amenizar os problemas causados pelo excesso de sais. Portanto, uma das estratégias é a reposição de microrganismos

solubilizadores de P no solo, essencial para a sua reposição e para o aumento da produtividade das culturas (CARDOSO; TSAI; NEVES, 1992; XIAO *et al.*, 2023).

#### **4.3.3 Uso de biofertilizantes como fonte orgânica**

O uso de fertilizantes orgânicos na agricultura além de possibilitar a produção agrícola, tem a capacidade de melhorar a qualidade e a fertilidade dos solos, possuem considerável quantidade de nutrientes e possibilitam melhorar as propriedades físicas do solo, como a capacidade de retenção de água, a aeração do solo e a agregação das partículas. Pode ser produzido em meio aeróbio ou anaeróbio a partir de uma mistura de esterco fresco e de água (SILVA *et al.*, 2016; NEGI, 2021).

Na cultura do amendoim, Figueredo *et al.* (2018), avaliando biofertilizantes à base de esterco bovino não enriquecido; enriquecido com farinha de rocha; enriquecido com farinha de rocha + leguminosas; enriquecido com farinha de rocha + cinza de madeira e enriquecido com farinha de rocha + leguminosas + cinza de madeira, verificaram aumento no crescimento, na produção de biomassa e no teor de óleo da cultura em todos os biofertilizantes aplicados, independentemente do tipo utilizado.

O biofertilizante líquido é uma alternativa em regiões que apresentam problemas com salinidade. O efeito atenuador possivelmente se dá pela presença de substâncias húmicas na sua composição que contribuem para uma maior eficiência de absorção de água e de nutrientes e como consequência estimula o desenvolvimento das plantas (MEDEIROS *et al.*, 2016).

Estudos com biofertilizante de fonte bovina no crescimento da soja em ambientes salinos observaram que a fonte orgânica é capaz de amenizar os efeitos negativos dos sais sob o crescimento da planta. Para os autores essa contribuição pode estar relacionada à presença de nutrientes no material (SOUSA *et al.* 2018). Freire *et al.* (2022), com a cultura do milho, obtiveram maior produtividade na combinação de biofertilizantes de fontes bovina, aves e caprina e com a combinação de esterco bovino e caprino.

Souza *et al.* (2019b), utilizando biofertilizantes bovino e caprino como fontes de adubação orgânica e objetivando avaliar as características fisiológicas da fava sob salinidade, observaram que a fotossíntese, a transpiração e a condutância estomática foram superiores com o uso do biofertilizante bovino, seguido do caprino e obtendo menores valores em tratamento que não recebeu biofertilizantes. De acordo com os autores, a superioridade do insumo está relacionada aos efeitos nutricionais do insumo na fotossíntese e condutância estomática e no



efeito físico de cobertura do solo que impede a evaporação de água no solo proporcionando maior ajuste osmótico das plantas.

#### **4.1 Microrganismos na agricultura**

##### ***4.4.1 O papel de microrganismos em ambientes salinos***

Os microrganismos apresentam a capacidade de modificar a rizosfera e melhorar os efeitos deletérios no desenvolvimento e na produtividade das plantas quando expostas a condições estressantes. Assim como as plantas, os microrganismos também adotam mecanismos para se adaptar a essas condições e em muitos casos, mais de um mecanismo está envolvido na superação do estresse (SHILEV, 2020; RAWAT; SHANKHDHAR; SHANKHDHAR, 2021).

Dentre os mecanismos estão a produção de fitohormônios, a aquisição de nutrientes, a fixação de nitrogênio, o acúmulo de osmolitos nas plantas, a homeostase de íons vegetais, a solubilização de fosfato, a secreção de ácidos orgânicos e outros mecanismos envolvidos (OLDROYD *et al.*, 2013; ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017; KUDOYAROVA *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2019; TANVEER *et al.* 2019).

Microrganismos rizosféricos têm demonstrado grande potencial para melhorar o crescimento das plantas e aliviar o estresse salino (KADMIRI *et al.* 2018). Em solos salinos, o aumento da concentração de sais solúveis é capaz de inibir o crescimento das plantas por diversos efeitos adversos, resultando na redução do turgor, qualidade e quantidade da colheita e na desaceleração da taxa de crescimento das plantas (SHILEV, 2020)

A interação entre microrganismos e estresse salino contribui para mitigar os efeitos negativos dos sais melhorando o crescimento das culturas (SAPRE; GONTIA-MISHRA; TIWARI, 2018). A produção de enzimas antioxidantes também desempenha importante papel em altas concentrações salinas, pois a inoculação com os microrganismos reduz significativamente a atividade das enzimas de defesa quando estressadas (MISHRA; MISHRA; ARORA, 2021).

Shilev, Sancho e Benlloch-González (2012), ao estudarem bactérias do gênero *Pseudomonas* e o acúmulo de íons em ambiente salino, observaram que os tratamentos com a presença das bactérias demonstraram que as bactérias foram capazes de inibir o acúmulo de  $\text{Na}^+$  em raízes, folhas e caules. A relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  foi aumentada na inoculação dos

microrganismos em todas as partes vegetais. Para os autores, o estresse salino foi parcialmente amenizado na presença das bactérias.

Em diversos estudos é verificada a capacidade de tolerância a ambientes salinos na presença de *Bacillus*. Misra e Chauhan (2020) observaram tolerância de cepas de *Bacillus* e seu potencial para tolerar ao estresse salino. Os autores verificaram em plantas de milho que a inoculação com *Bacillus* melhoraram significativamente os parâmetros vegetativos da cultura, sugerindo um papel potencial na mitigação do estresse.

Microrganismos desempenham papel importante no solo através de suas atividades metabólicas e são fundamentais na gestão de nutrientes no solo por melhorar a aquisição de nutrientes do solo pelas plantas e auxiliam como potente biofertilizantes melhorando o rendimento das plantas. Diversas propriedades fazem com que bactérias do gênero *Bacillus* melhorem os efeitos prejudiciais do estresse salino nas culturas, induzindo a alterações fisiológicas relacionadas com o transporte de água, a absorção de nutrientes e a ativação do sistema de defesas (RAJWAR *et al.*, 2018).

Alguns microrganismos são capazes de solubilizar e mineralizar o fósforo insolúvel do solo a fim de aumentar a disponibilidade do nutriente. Com isso, a fertilização química juntamente com a solubilização e mineralização microbiana de fósforo parece ser uma alternativa para a agricultura principalmente em condições estressantes (ALORI *et al.*, 2017).

Em condições salinas, o acúmulo de metabólitos secundários por microrganismos nas plantas atua como uma resposta adaptativa ao estresse. O ácido ascórbico e os compostos fenólicos podem ser capazes de eliminar radicais livres gerados pelas espécies reativas de oxigênio, que ajudam as plantas sob estresse salino, melhorando o sistema de defesa. Compostos fenólicos ajudam a estabilizar as membranas celulares, reduzindo a fluidez da membrana, levando a menos transporte de radicais livres (ABDEL LATEF *et al.*, 2020; OMER; OSMAN; BADAWEY, 2022).

#### **4.4.2 Microrganismos solubilizadores de fósforo**

A importância da agricultura brasileira e seu impacto na economia reforçam a necessidade de se associar a alta produção agrícola ao uso sustentável dos recursos naturais. Uma estratégia consiste na possibilidade de maximizar a absorção e a liberação de fósforo do solo pelo uso de microrganismos responsáveis em promover o crescimento do sistema radicular das plantas e disponibilizar formas solúveis do nutriente (OLIVEIRA-PAIVA, 2021).

Diferentes estratégias são desenvolvidas para se manter um nível ótimo de P na rizosfera e melhorar a eficiência na absorção radicular. Uma das estratégias é a utilização de microrganismos que participam dos processos de transformação do fósforo no solo, e a solubilização do nutriente no solo pode ser realizada por bactérias ou fungos (BARRESI; LAVADO; CHIOCCHIO, 2022).

Os microrganismos têm papel primordial na ciclagem de fósforo no solo, sendo capazes de transformar o fósforo insolúvel em formas solúveis e acessíveis às plantas. Além disso, adicionar microrganismos pode acelerar a liberação na rizosfera do fósforo inorgânico ou orgânico não disponíveis e enriquecer o solo biologicamente (OWEN *et al.*, 2015).

Os microrganismos solubilizadores podem ser bactérias, fungos, actinomicetos, micorrizas arbusculares, cianobactérias e algas, exibindo a capacidade de solubilização e mineralização de P. Além disso, são bastante abundantes no solo e são comumente associados à rizosfera das plantas. São uma alternativa importante por reduzirem a demanda por fertilizantes fosfatados e promoverem o crescimento e produtividade das culturas (ALORI, 2017).

Microrganismos solubilizadores de fósforo podem disponibilizar o P para as plantas por diversos mecanismos, como a acidificação do solo, devido à produção de ácidos orgânicos e extrusão de  $H^+$ ; a quelação de fosfatos insolúveis pela produção de ácidos orgânicos e inorgânicos, e pelo mecanismo de mineralização do fosfato orgânico (KALAYU, 2019; PRABHU; BORKAR; GARG, 2019).

Microrganismos solubilizadores de fosfato apresentam natureza diversa, grande parte são bactérias que pertencem aos gêneros *Pseudomonas* (LINU *et al.* 2019), *Enterobacter* (MENDOZA-ARROYO *et al.* 2020), *Bacillus* (WANG *et al.* 2020), *Serratia* (BLANCO-VARGAS *et al.* 2020). Bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* é uma comunidade dominante devido à capacidade de sobrevivência sob estresses bióticos e abióticos (KANG *et al.*, 2015; RADHAKRISHNAN *et al.* 2017).

Ácidos orgânicos são secretados por solubilizadores de fosfato e produzidos em vias metabólicas oxidativas e são um dos principais mecanismos de solubilização de fosfato inorgânico. Dentre os ácidos produzidos os principais são glucônico e quando liberados acidificam a rizosfera resultando em queda do pH e os cátions ligados ao fósforo são quelados (KALAYU *et al.*, 2019). Esses ácidos podem competir com locais de adsorção de P e formar compostos de íons metálicos ligados a P. Ácidos inorgânicos também são produzidos como os ácidos sulfúrico, nítrico, carbônico e clorídrico (PRABHU; BORKAR; GARG, 2019).

A produção de sideróforos por solubilizadores de fosfato possuem alta afinidade pelo ferro inorgânico e são quelantes de metais, esses microrganismos utilizam sideróforos para obtenção de ferro e durante a quebra da ligação pode liberar o P ligado ao metal, tornando o nutriente disponível às plantas. A liberação de prótons também é realizada promovendo a acidificação da rizosfera (MATOS *et al.*, 2017; RIZVI *et al.*, 2021).

Microrganismos que solubilizam fosfato podem produzir hormônios promotores de crescimento às plantas como auxinas, citocininas e giberelinas com efeitos importantes no desenvolvimento de raízes e brotos, na floração, germinação (PURI *et al.* 2020).

#### **4.4.3 Bactérias solubilizadoras de fósforo e adubação fosfatada**

A mineralização, solubilização e imobilização são as formas que predominam a disseminação de fósforo no solo pelos microrganismos solubilizadores e dessa forma são influenciadas pelos minerais inorgânicos disponíveis no solo. Muitos estudos têm apresentado que a combinação entre a aplicação de fósforos e inoculação com microrganismos solubilizadores melhora a absorção de fósforo e a eficiência do seu uso pela cultura, ao mesmo tempo que melhora o crescimento e o rendimento da cultura (RAWAT *et al.*, 2021).

Muitos fatores podem influenciar a capacidade de microrganismos em transformar o fósforo orgânico e inorgânico em formas acessíveis às plantas. Os fatores podem estar relacionados à nutrição do solo, estado fisiológico e a capacidade de crescimento e sobrevivência desses microrganismos (ALORI *et al.* 2017).

Diversos estudos com inoculação de microrganismos solubilizadores de P indicaram melhora no rendimento nas plantas e absorção de fósforo. Em trabalho de Günes *et al.* (2009), estudando a inoculação de bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Aspergillus* com doses de fósforo de 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup> mostraram que a inoculação com as bactérias aumentou o rendimento independente da dose de fertilizante adicionado em plantas de morango. O rendimento, entretanto, foi maior com a inoculação de *Bacillus* seguida do gênero *Aspergillum*. Os autores concluem que bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Arpergillus* podem ser usados para aumentar a eficiência no uso de fertilizantes fosfatados e reduzir custos com fertilizante.

No crescimento de plantas de tomate, a inoculação com bactérias e doses de fertilizante fosfatado obtiveram resultados de altura de plantas maiores em plantas fertilizadas com doses máximas de fósforo, sendo superiores ao tratamento máximo de fósforo, mas que não receberam a inoculação (QURESHI *et al.*, 2012).

O gênero *Bacillus* compreende um grupo de bactérias Gram-positivas bastante distribuída no ambiente, composto por aproximadamente 360 espécies com características fisiológicas, metabólicas e fenotípicas distintas. As cepas de *Bacillus* são consideradas mais estáveis no ambiente devido a capacidade de formação de endósporos, permitindo adaptação a condições abióticas extremas (BAHADIR *et al.*, 2018).

Experimento realizado com a cultura do milho, buscando avaliar o efeito da adubação fosfatada e a influência de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* resultou em ganhos significativos de produtividade em plantas que receberam 50% da adubação fosfatada associada à presença das bactérias. A inoculação aumentou a produtividade em 27,7% para a mesma dose de P (OLIVEIRA-PAIVA, 2021).

Em trabalho de Mosela *et al.* (2022), os autores avaliaram diferentes doses de adubação fosfatada (25 kg de P; 42 kg de P; 84 kg de P; 25 kg de P + bactérias do gênero *Bacillus* na cultura do milho. Os autores observaram que o tratamento 25 kg de P + inoculação não diferiu dos tratamentos com doses de 42 e 84 kg de P para a produtividade da cultura do milho. Isso indicou a possibilidade de se reduzir a aplicação de fósforo para a cultura.

De acordo com Oliveira-Paiva *et al.* (2021), as bactérias e as plantas se associam desde o início da formação do sistema radicular e as bactérias têm a capacidade de se multiplicar e de colonizar a rizosfera da planta. As cepas de bactérias produzem diferentes ácidos orgânicos que atuam no solo e iniciam o processo de solubilização de P retido ao cálcio, alumínio e ferro, contribuindo com a disponibilização do nutriente às plantas.

Em estudo na cultura do milho com diferentes fontes de fósforo e a presença do bactérias do gênero *Bacillus*. Brito *et al.* (2022) verificaram que a fonte de Fosfato natural + inoculação bacteriana proporcionou maior acúmulo de biomassa, teor e absorção de P do milho em relação aos tratamentos com Superfosfato Triplo + inoculação e as fontes que não receberam a inoculação. Neste trabalho, a presença do bactérias promoveu ligeiro aumento de 5% no teor de matéria orgânica. No tratamento com a presença do inoculante foi observada a acidificação do solo, explicada pela ação dos microrganismos.

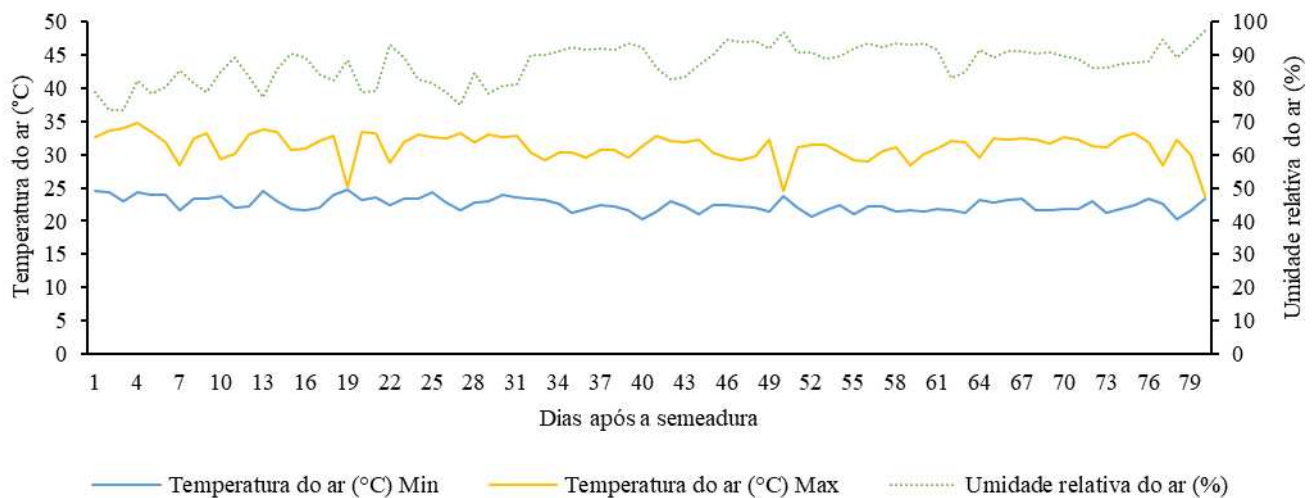
## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido de fevereiro a maio de 2023, na Unidade de Produção de Mudanças Auroras (UPMA), localizada na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Campus Auroras, no município de Redenção, Ceará, Brasil. A cidade está localizada a uma latitude de 04°14'53''S, longitude de 38°45'10''W e 240 m de altitude.

O clima da região é do tipo BSh', pois prevalecem temperaturas muito quentes e chuvas as estações de verão e outono (Alvares *et al.*, 2013). Na figura 1 estão apresentados os dados meteorológicos obtidos no decorrer do período experimental.

Figura 1 – Dados meteorológicos durante a condução do experimento

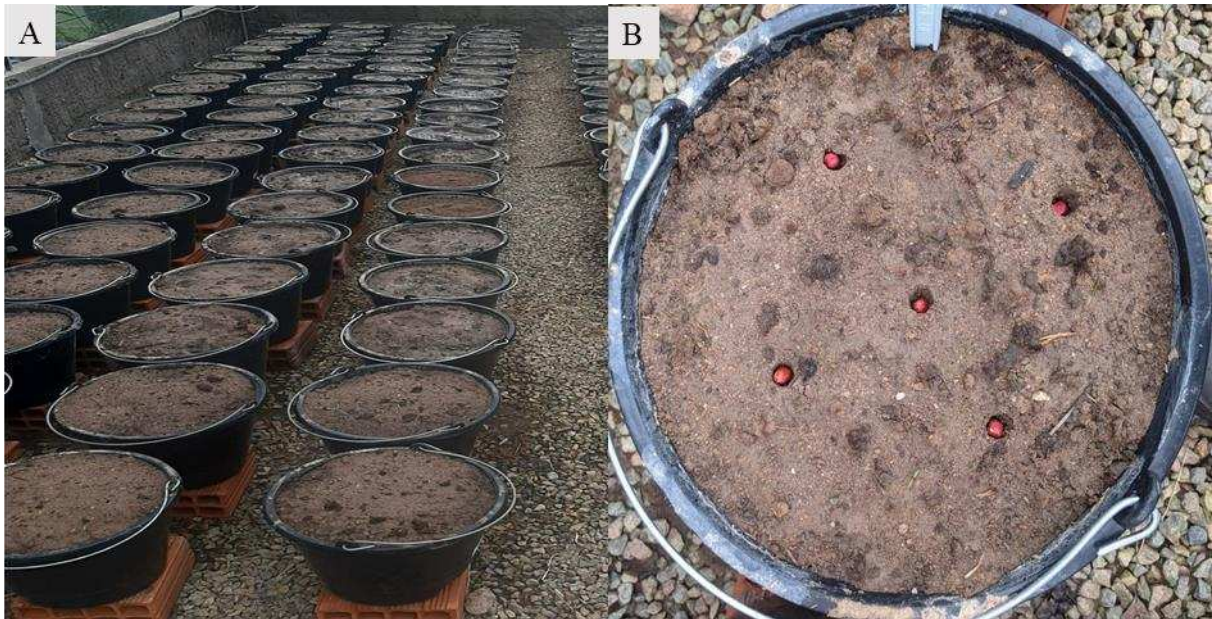


Fonte: Autor (2024)

### 5.2 Caracterização do experimento

O experimento foi realizado em vasos de polietileno com capacidade de 11 L contendo como substrato a mistura de arisco, areia e esterco bovino na proporção de 7:2:1 respectivamente (Figura 2A). Em cada vaso foram semeadas 5 sementes de amendoim, a uma profundidade de 2 cm (Figura 2B). Aos 10 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste deixando-se as 2 plantas mais vigorosas por vaso.

Figura 2 – Enchimento dos vasos (A) e semeadura do amendoim (B)



Fonte: Autor (2024)

Antes da instalação do experimento foi coletada uma amostra do substrato utilizado e enviada ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará (UFC) com a finalidade de se avaliar os atributos químicos do substrato, conforme apresentado na Tabela 1, seguindo recomendação de Teixeira *et al.* (2017).

Tabela 1 - Atributos químicos do substrato utilizado antes da aplicação dos tratamentos.

MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	pH	PST	CEes
-----			g kg <sup>-1</sup>	-----			H <sub>2</sub> O	(%)	dS m <sup>-1</sup>
0,8	0,21	0,06	0,28	0,07	0,03	0,11	6,5	3,4	0,37

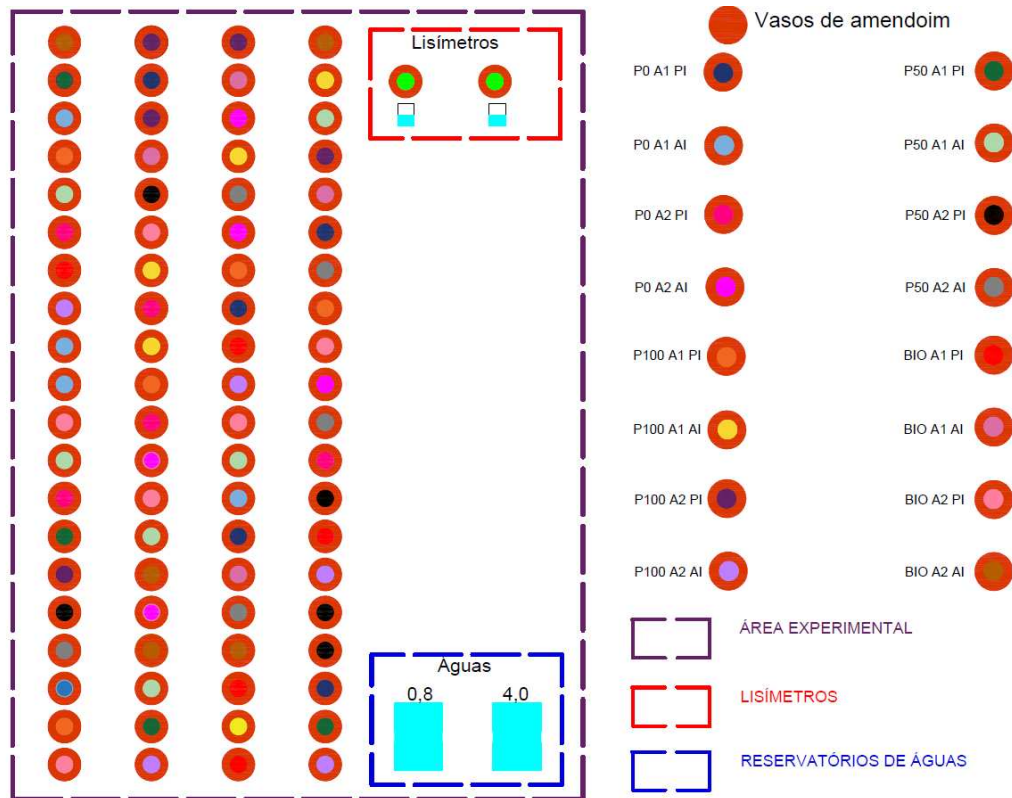
Fonte: Autor (2024). MO= matéria orgânica; PST= porcentagem de sódio trocável; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

### 5.3 Delineamento experimental

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2 x 2 com 5 repetições, referentes ao primeiro fator as formas de adubação (F1 – dose 0% de fósforo; F2 – 50% da dose recomendada de fósforo; F3 - 100% da dose recomendada de fósforo; F4 – 100% da adubação com biofertilizante bovino). O segundo fator corresponde aos dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 dS m<sup>-1</sup> e – 4,0 dS m<sup>-1</sup>) e o terceiro fator corresponde a presença e a ausência do inoculante (PB – presença do inoculante; AB –

ausência do inoculante. A distribuição dos tratamentos na área experimental está apresentada no croqui (Figura 3).

Figura 3 – Croqui da área experimental



Fonte: Autor (2024)

#### 5.4 Cultura adotada e tratos culturais

A cultura utilizada foi o amendoim (*Arachis hypogea* L.) cultivar BR-1 (Figura 4). A cultivar pertence ao grupo Valência, de porte ereto, haste principal de aproximadamente 35 cm e arroxeadada com seis ramos laterais. As vagens são de tamanho médio, possuem de três a quatro sementes de película vermelha e arredondadas. Possui ciclo precoce, em torno de 90 dias, floração aos 22 dias após a emergência e apresenta teor de proteína e óleo de 38 a 45%, respectivamente. A cultivar é moderadamente tolerante às Cercosporioses pinta preta (*Cercosporidium personatum*) e mancha parda (*Cercospora arachidicola*).



Figura 4 – Cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cv. BR-1



Fonte: Autor (2024)

### 5.5 Manejo da irrigação

Para a preparação da água com condutividade elétrica de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  foram utilizados os sais solúveis  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  na proporção de 7:2:1 (Medeiros, 1992) entre Na, Ca e Mg, respectivamente, seguindo a relação entre a condutividade elétrica da água (CEa) e sua concentração molar ( $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CEa} \times 10$ ).

A irrigação com água de maior condutividade elétrica iniciou aos 10 dias após a semeadura (DAS) seguindo até a colheita aos 80 DAS. A irrigação foi realizada em frequência diária e calculada de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem (BERNARDO *et al.*, 2019), mantendo-se o solo na capacidade de campo. O volume de água aplicado nas plantas foi determinado utilizando uma lâmina de lixiviação de 15% (Equação 1).

$$VI = \frac{(V_p - V_d)}{(1 - LF)} \quad (1)$$

Onde:

VI – volume de água a ser aplicado na irrigação (mL);

$V_p$  – volume de água aplicado na irrigação anterior (mL);

$V_d$  – volume de água drenado (mL); e,

LF – fração de lixiviação de 0,15.

## 5.6 Manejo da adubação

### 5.6.1 Adubação mineral

A adubação mineral das plantas foi realizada tendo como base a análise química do substrato (Tabela 1) e as recomendações de Fernandes (1993), nas quais correspondem a 15 kg ha<sup>-1</sup> de N; 62,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Dispondo de um stand de 10.000 plantas, a dosagem máxima por planta<sup>-1</sup> no ciclo foi de: 1,5 g de N, 6,25 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 5,0 g de K<sub>2</sub>O e as doses de fósforo foram equivalentes aos tratamentos adotados (P0% – 0; P50% – 3,12 g e P100% – 6,25 g), com ureia, cloreto de potássio e superfosfato simples, respectivamente. À medida que o estudo avançava eram realizadas as adubações, sendo o N total aplicado na fundação, P e K, 50% na fundação e 50% na cobertura (20 DAS).

### 5.6.2 Adubação orgânica com biofertilizante bovino

O biofertilizante bovino foi preparado sob fermentação aeróbia por um período de 30 dias, com a mistura de partes iguais de esterco fresco bovino e água não salina (CEa = 0,3 dS m<sup>-1</sup>) e enriquecido com farinha de osso com 23% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 5A). A mistura foi armazenada em uma bombona de plástico com capacidade de 100 L e deixando um espaço vazio de 15 a 20 cm no seu interior conforme metodologia de Freire *et al.* (2022) (Figura 5B).

Figura 5 – Preparo (A) e armazenamento do biofertilizante bovino (B)



Fonte: Autor (2024)

Após o período de fermentação, foi coletada uma amostra de 1 L do biofertilizante bovino e encaminhada para o Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal do Ceará (UFC) para avaliação e caracterização química do material, conforme apresentada na Tabela 2. A quantidade de biofertilizante aplicada foi baseada no resultado de análise do substrato e na necessidade nutricional da cultura.

Tabela 2 - Caracterização química do biofertilizante bovino de fermentação aeróbia.

	Características químicas								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Adubo orgânico	g L <sup>-1</sup>			mg L <sup>-1</sup>					
Biofertilizante	0,82	1,4	1	2,5	0,75	141,6	1,92	68,2	14,72

Fonte: Autor (2024).

Para designar a quantidade de nutrientes existente no substrato multiplicou-se a densidade do substrato (1,3 g dm<sup>-3</sup>) pelo volume do substrato colocado em cada vaso (11 L). Posteriormente, o valor encontrado (14,3 kg<sup>-1</sup>) foi multiplicado pelas quantidades de N, P e K obtidas na análise do substrato (Tabela 1). Aos 8 DAS iniciou-se as fertilizações, realizadas manualmente uma vez por semana, aplicando 6 L planta<sup>-1</sup>, seguindo as proporções de acordo com os tratamentos: F1 (0%); F2 (50%) e F3 (100%) da dose recomendada de fósforo. O

tratamento contendo biofertilizante bovino (F4), também foi realizada a aplicação semanalmente.

### 5.7 Inoculação com microrganismos

As sementes foram inoculadas com o produto comercial BiomaPhos<sup>®</sup> conforme recomendação do fabricante (100 mL do produto para cada 60.000 sementes). O produto contém uma mistura de cepas de bactérias BRM 119 (*Bacillus megaterium*) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis*).

Figura 6 - Inoculação de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) com cepas de bactérias BRM 119 (*Bacillus megaterium*) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis*)



Fonte: Autor (2024)

### 5.8 Variáveis analisadas

#### 5.8.1 Crescimento

Aos 45 DAS foram coletadas amostras para análises de crescimento em: número de folhas por planta totalmente abertas (NF): sendo feita a contagem direta das folhas; altura de planta (AP): feita com trena métrica graduada em centímetros; diâmetro do caule (DC): com o uso de paquímetro digital, sendo mensurado no diâmetro basal do caule das plantas a uma altura

de aproximadamente 2 cm da superfície do solo; e a área foliar (AF): estimada pelo método não destrutivo (comprimento versus largura das folhas).

### 5.8.2 Variáveis fisiológicas

Aos 45 DAS foram avaliadas as variáveis: fotossíntese ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) e temperatura foliar ( $t_f$ ,  $^\circ\text{C}$ ), utilizando o aparelho analisador de gás no infravermelho IRGA (LI 6400 XT da LICOR), em sistema aberto, com fluxo de ar de  $300 \text{ mL min}^{-1}$ . As medições foram realizadas entre 8 e 10 h da manhã. De posse destes dados foi quantificada a eficiência no uso da água ( $A/E = \text{EUA}$ ). Foram realizadas nas mesmas folhas as medições do índice relativo de clorofila (IRC), utilizando-se do método não destrutivo, com um medidor portátil (SPAD – 502 Plus, Minolta, Japão) (Figura 7).

Figura 7 – Medições de trocas gasosas (A) e índice relativo de clorofila (B) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a aplicação de adubação fosfatada, biofertilizante e *Bacillus* sp.



Fonte: Autor (2024)

### 5.8.3 Componentes de produção

Ao final do ciclo experimental de 80 DAS, as vagens foram colhidas (Figura 8A) e postas para secagem por cerca de 75 h até atingirem massa constante. Após a secagem das

vagens, foram determinadas as variáveis: número total de vagens por planta (NTV) (Figura 8B); número de vagens comerciais por planta (NVC); número de vagens não comerciais por planta (NVNC); comprimento (CV, mm) e diâmetro de vagem (DV, mm): mensurados com paquímetro digital (Figuras 8C-D); massa de vagem em gramas (MV, g): pesada em balança de precisão (Figura 8E); e a produção (PROD, g vaso<sup>-1</sup>): estimada pela massa dos grãos em balança analítica com precisão de 0,0001 g (Figura 8F).

Figura 8 – Processo de colheita (A), contagem do número de vagens (B), determinação do comprimento e diâmetro de vagens (C-D), massa de vagens (E) massa dos grãos (F) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a aplicação de adubação fosfatada, biofertilizante bovino e *Bacillus* sp.



Fonte: Autor (2024)

## 5.9 Análises estatísticas

Para avaliação da normalidade dos dados, as variáveis foram submetidas ao teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p \leq 0,05$ ). Os dados foram então submetidos à análise de variância, e o teste de Tukey para comparação de médias ( $p \leq 0,05$ ) foi realizado no programa ASSISTAT 7.7 BETA (SILVA; AZEVEDO, 2016).



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Crescimento

A análise de variância (Tabela 3) mostra que a área foliar, houve efeito individual ( $p \leq 0,01$ ) das formas de adubação (FA). O diâmetro do caule e o número de folhas foram influenciados pela interação entre FA e condutividade elétrica da água (CEa) ( $p \leq 0,05$ ). Quanto à altura das plantas, houve interação ( $p \leq 0,05$ ) entre os fatores FA, CEa e inoculação (I).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) sob diferentes formas de adubação, níveis de condutividade elétrica da água e inoculação de *Bacillus* sp.

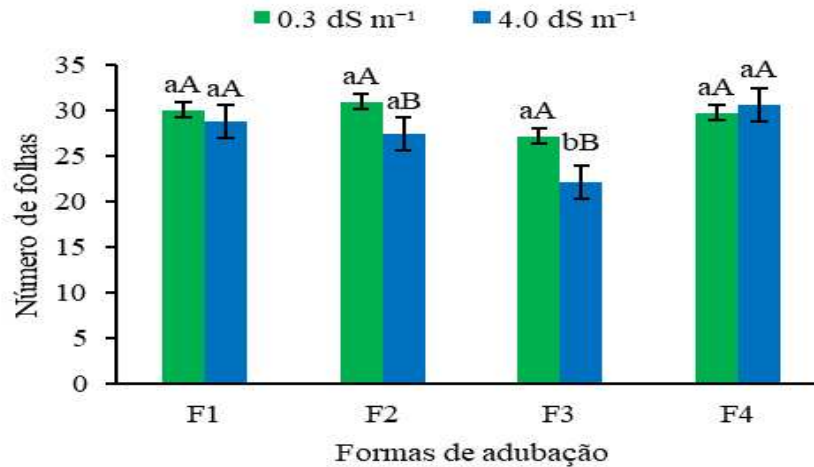
FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		NF	AP	DC	AF
Formas de adubação (FA)	3	125.70**	120.98**	3.43 <sup>ns</sup>	32.59**
Inoculação (I)	1	14.45 <sup>ns</sup>	20.25 <sup>ns</sup>	3.46 <sup>ns</sup>	8.10 <sup>ns</sup>
Condutividade elétrica da água (CEa)	1	101.25**	501.75**	13.58 <sup>ns</sup>	18.19 <sup>ns</sup>
FA x I	3	21.81 <sup>ns</sup>	48.45*	1.91 <sup>ns</sup>	4.45 <sup>ns</sup>
FA x CEa	3	33.68*	52.29*	31.22*	1.93 <sup>ns</sup>
I x CEa	1	80.00 <sup>ns</sup>	48.90 <sup>ns</sup>	29.07 <sup>ns</sup>	0.84 <sup>ns</sup>
FA x I x CEa	3	11.43 <sup>ns</sup>	50.68*	9.97 <sup>ns</sup>	4.50 <sup>ns</sup>
Tratamentos	15	51.57**	92.54**	12.38 <sup>ns</sup>	10.50 <sup>ns</sup>
Resíduo	64	11.08	15.89	1.97	3.77
CV (%)	-	11.72	9.37	7.45	15.60

Fonte: Autor (2024). FV - Fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; \*, \*\*, <sup>ns</sup> - Significativo a  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  e não significativo, respectivamente.

#### 6.1.1 Número de folhas

A Figura 9 mostra que o aumento da concentração de sais na água de irrigação reduziu o número de folhas para as formas de adubação F2 e F3.

Figura 9 – Número de folhas de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Mesmas letras maiúsculas comparam os valores médios de CEa em cada forma de adubação e mesmas letras minúsculas comparam os valores médios das diferentes formas de adubação no mesmo nível de CEa não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

Em condições de elevadas concentrações de sais, as plantas são capazes de alterar as suas características morfológicas e anatômicas, como na redução da produção de folhas, provocando o fechamento estomático e a conseqüente redução da disponibilidade de CO<sub>2</sub> (SOUSA *et al.*, 2021a).

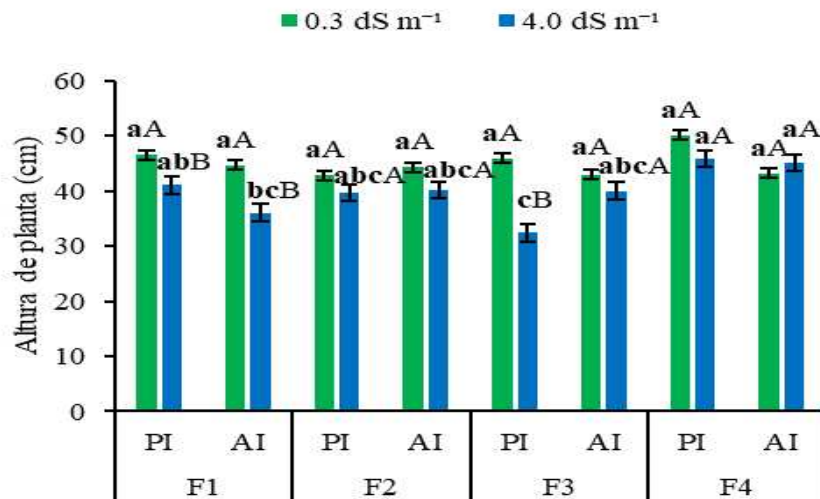
Silva *et al.* (2022) obtiveram redução no número de folhas de plantas de amendoim irrigadas com água de maior condutividade elétrica. Barbosa *et al.* (2022) encontraram redução no número de folhas de amendoim à medida que aumentava a concentração de sais na água de irrigação.

A redução no número de folhas na F3 sob estresse salino pode ser devido ao estresse provocado pela presença dos sais na água de irrigação e os sais contidos na adubação química, podendo ter influenciado na emissão de folhas (SOUZA *et al.*, 2019b).

### 6.1.2 Altura de plantas

A altura de plantas (Figura 10) sob as formas de adubação F1 e F3, na presença do inoculante apresentou diferença entre os níveis de condutividade elétrica da água, entretanto a água com menor salinidade foi superior à água com alta salinidade. Para a água com menor condutividade elétrica não houve diferenças entre adubação e inoculação.

Figura 10 – Altura de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença (PI) e ausência (AI) do inoculante e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



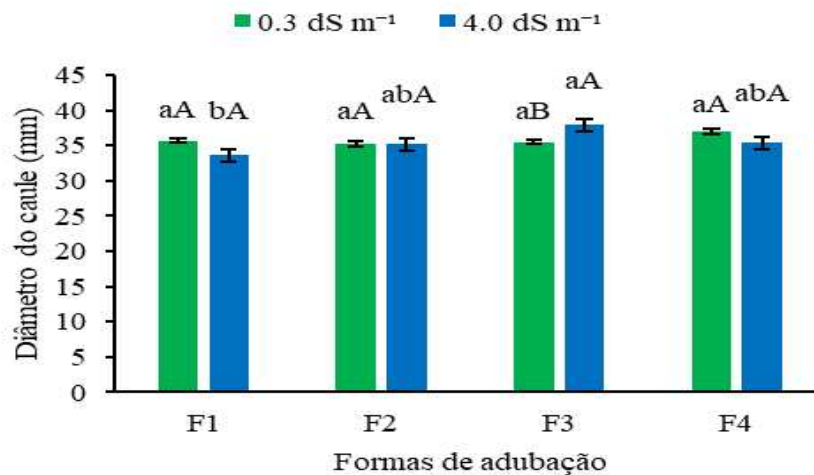
Mesmas letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro de uma mesma CEa e mesmas letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

O acúmulo de sais na zona radicular causa uma redução na absorção de água pela planta devido ao efeito osmótico, afetando os processos de multiplicação e expansão celular e, como consequência, causando uma redução na altura de plantas (SÁ *et al.* 2018). Um resultado semelhante foi observado por Ribeiro *et al.* (2022) em um estudo com feijão-caupi e água salina. O efeito do microrganismo como mitigador do estresse salino se deve ao seu importante papel na excreção de fitohormônios, uma vez que as plantas nessas condições podem não produzir quantidades suficientes e agir aumentando o acúmulo de prolina e ácido indol-3-acético (IAA) (HIDRI *et al.*, 2019). Em relação à ação da fonte orgânica, Sousa *et al.* (2018), em plantas de soja, obtiveram uma redução na altura das plantas submetidas a estresse salino e fertilizadas com biofertilizante bovino.

### 6.1.3 Diâmetro do caule

Para o diâmetro do caule, não houve diferença entre os níveis de condutividade elétrica da água nas formas de fertilização F1, F2 e F4 (Figura 11). No entanto, ao considerar a água de 4,0 dS m<sup>-1</sup>, a fertilização com 100% da dose de fósforo (F3) levou a um maior diâmetro do caule.

Figura 11 – Diâmetro do caule de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Mesmas letras maiúsculas comparam os valores médios de CEa em cada forma de adubação e mesmas letras minúsculas comparam os valores médios das diferentes formas de adubação no mesmo nível de CEa não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

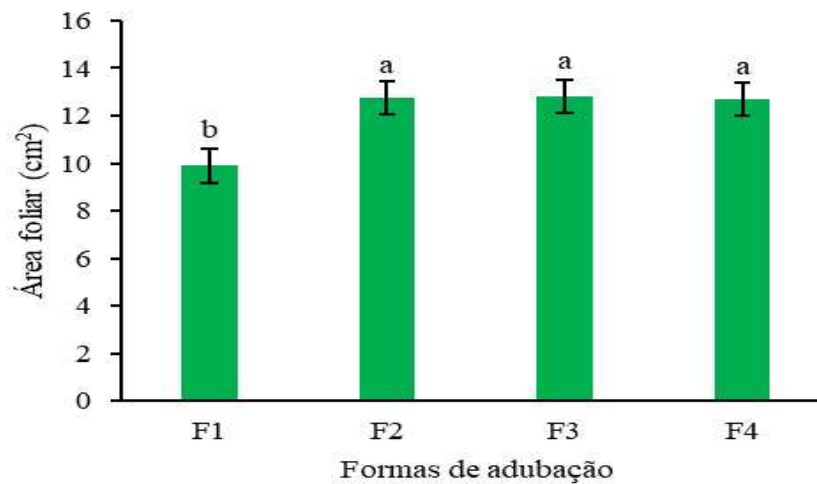
O fósforo atua na transferência de energia na célula na forma de ATP e participa de processos como respiração e fotossíntese, além de estar diretamente relacionado ao crescimento das plantas (TAIZ *et al.*, 2017). Em condições de reduzida disponibilidade de P, há interferência direta no desenvolvimento das plantas, conforme relatado no estudo de Ribeiro *et al.* (2022), que observaram redução no diâmetro do caule em plantas de feijão-caupi sob estresse quando adubadas com 50% da dose de P.

Silva *et al.* (2022) observaram que plantas de amendoim que receberam biofertilizante bovino não tiveram redução no diâmetro do caule quando irrigadas com água de maior condutividade elétrica. Neste estudo, a presença do biofertilizante bovino também foi capaz de atenuar o estresse salino.

#### 6.1.4 Área foliar

A Figura 12 mostra que F1 apresentou a menor área foliar, com redução em torno de 22% em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos fertilizantes F2, F3 e F4 não diferiram entre si.

Figura 12 – Área foliar de plantas de amendoim submetidas a diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e F4 - biofertilizante bovino)



Fonte: Autor (2024). Mesmas letras minúsculas comparam os valores médios entre as formas de adubação pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

A superioridade dos tratamentos com adubação mineral e orgânica está relacionada à maior disponibilidade de nutrientes presentes nos solos que foram adubados, provocando aumento na expansão foliar. Resultados semelhantes também foram observados por Rodrigues *et al.* (2022) quando estudaram fontes de adubação mineral e orgânica no cultivo de girassol (*Helianthus annuus* L.). Esses autores constataram que a adubação com NPK e biofertilizante caprino foram superiores ao controle. Freitas *et al.* (2021b) em plantas de girassol adubadas com fonte mineral e organomineral, obtiveram valores de área foliar superiores em plantas adubadas com fonte mineral.

## 6.2 Trocas gasosas

A análise de variância (Tabela 4) mostra que a transpiração e a fotossíntese foram influenciadas pela interação ( $p \leq 0,01$ ) entre as formas de adubação (FA) e a condutividade elétrica da água (CEa). A temperatura foliar não foi influenciada por nenhum dos fatores.

Quanto à condutância estomática, eficiência no uso da água, índice de clorofila e concentração interna de CO<sub>2</sub>, houve interação ( $p \leq 0,01$ ) e ( $p \leq 0,05$ ) entre os fatores FA, CEa e I.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para transpiração (*E*), temperatura foliar (*Tf*) condutância estomática (*gs*), fotossíntese (*A*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), índice relativo de clorofila (IRC) e eficiência no uso da água (EUA) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) sob diferentes formas de adubação, níveis de condutividade elétrica da água e inoculação de *Bacillus* sp.

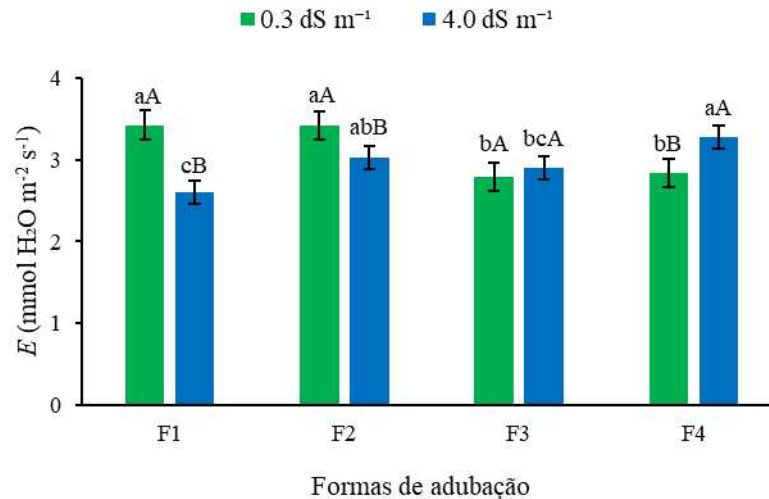
FV	GL	QUADRADO MÉDIO							
		<i>E</i>	<i>Tf</i>	<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>Ci</i>	IRC	EUA	
Formas de adubação (FA)	3	0.48**	0.14 <sup>ns</sup>	3.43 <sup>ns</sup>	15.34**	217.44 <sup>ns</sup>	5.19 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	
Inoculação (I)	1	0.21 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	3.46 <sup>ns</sup>	11.45 <sup>ns</sup>	6.05 <sup>ns</sup>	1.37*	0.62 <sup>ns</sup>	
Condutividade elétrica da água (CEa)	1	0.54*	0.01 <sup>ns</sup>	13.58*	14.23*	775.01*	138.07 <sup>ns</sup>	6.43**	
FA x I	3	0.06 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	1.91 <sup>ns</sup>	8.08 <sup>ns</sup>	40.10 <sup>ns</sup>	5.84 <sup>ns</sup>	1.00*	
FA x CEa	3	1.54**	0.24 <sup>ns</sup>	31.22**	17.24**	114.3 <sup>ns</sup>	1.71 <sup>ns</sup>	0.53 <sup>ns</sup>	
I x CEa	1	0.07 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	29.07**	18.31 <sup>ns</sup>	12.01 <sup>ns</sup>	4.56 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	
FA x I x CEa	3	0.05 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	9.97**	1.39 <sup>ns</sup>	480.85*	24.32**	0.93*	
Tratamentos	15	0.48**	0.01 <sup>ns</sup>	12.38**	11.34**	223.41 <sup>ns</sup>	17.01 <sup>ns</sup>	1.03**	
Resíduo	64	0.08	0.17	1.97	3.19	130.44	6.42	0.27	
CV (%)	-	9.7	1.4	45.15	18.59	3.02	6.65	16.49	

Fonte: Autor (2024). FV - Fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; \*, \*\*, <sup>ns</sup> - Significativo a  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  e não significativo, respectivamente.

### 6.2.1 Transpiração

As menores taxas de transpiração (*E*) foram observadas nos tratamentos com formas de adubação F1 e F2 irrigados com água de maior salinidade, enquanto em F3 não houve diferença significativa entre as águas e em F4 a água de maior salinidade foi superior (Figura 13).

Figura 13 – Transpiração plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024) Letras maiúsculas comparam os valores médios de CEa em cada forma de adubação e mesmas letras minúsculas comparam os valores médios das diferentes formas de adubação no mesmo nível de CEa não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

A redução pode estar associada a um mecanismo de resposta para reter água, mantendo assim o potencial hídrico de fácil absorção e regulando a quantidade de água absorvida como mecanismo de resposta para minimizar a perda de água (RODRIGUES *et al.*, 2022). Da mesma forma, Barbosa *et al.* (2022) encontraram redução na transpiração da cultura do amendoim adubada com NPK sob estresse salino.

A forma de adubação com biofertilizante bovino (F4) proporcionou maiores taxas de transpiração sob estresse salino. Essa fonte orgânica pode ter contribuído para aumentar as relações  $K^+/Na^+$  e  $Ca^{2+}/Na^+$  e conseqüentemente reduzir o efeito do estresse salino, pois a redução de  $Na^+$  nas plantas reduz o desequilíbrio nutricional e a toxicidade iônica. O maior acúmulo de  $K^+$  em detrimento do  $Na^+$  é importante na regulação estomática, e em concentrações adequadas promove maior abertura dos estômatos, permitindo maior entrada de  $CO_2$  nas células e conseqüentemente maior taxa fotossintética (SOUSA *et al.*, 2018).

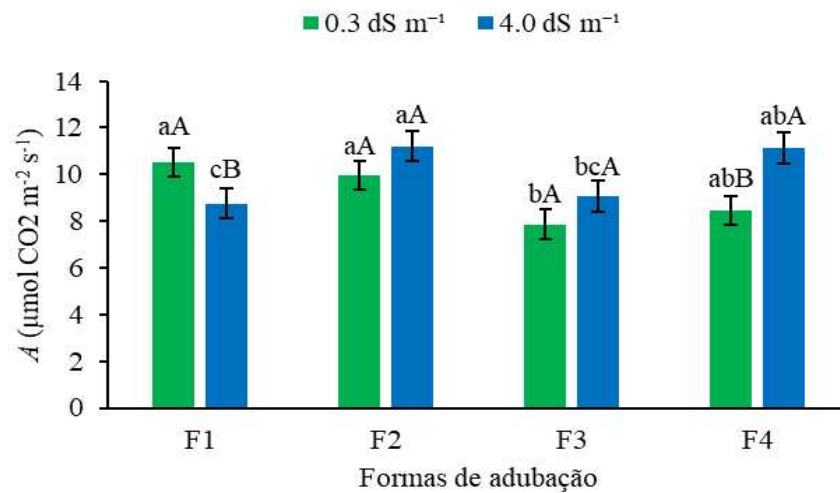
Souza *et al.* (2019b) constataram que a transpiração do feijão (*Phaseolus lunatus* L.) foi maior na presença de biofertilizante bovino e caprino em comparação ao tratamento sem o insumo orgânico. O biofertilizante pode ter contribuído para maiores taxas de transpiração decorrentes do estímulo à ação de proteínas e solutos orgânicos, levando a melhores condições

nutricionais do solo, e conseqüentemente permitindo a manutenção da absorção de água e turgidez celular da planta (SOUSA *et al.*, 2021b; TAIZ *et al.*, 2017).

### 6.2.2 Taxa fotossintética

A taxa fotossintética ( $A$ ) foi menor no tratamento sem fósforo (F1) associado ao estresse salino (Figura 14).

Figura 14 – Taxa fotossintética de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% de fósforo, F2 - 50% de fósforo, F3 - 100% de fósforo e F4 - biofertilizante bovino) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras maiúsculas comparam os valores médios de CEa em cada forma de adubação e mesmas letras minúsculas comparam os valores médios das diferentes formas de adubação no mesmo nível de CEa não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

A presença de sais na solução do solo provoca o fechamento parcial dos estômatos, afetando o metabolismo vegetal e alterações fisiológicas com a absorção de íons tóxicos como Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, que em altas concentrações, se acumulam nos cloroplastos das células e diretamente afetam a fotossíntese das plantas (TAIZ *et al.*, 2017).

A ausência de adubação fosfatada (F1) juntamente com o estresse salino causaram redução na fotossíntese. Ou seja, a falta de fósforo possivelmente reduziu a absorção de magnésio, pois tem efeito sinérgico com esse nutriente e conseqüentemente afetou negativamente a fotossíntese, conforme relatado por Ribeiro *et al.* (2022). Estudo semelhante a este foi realizado por Barbosa *et al.* (2022) sobre a cultura do amendoim com adubação 100%

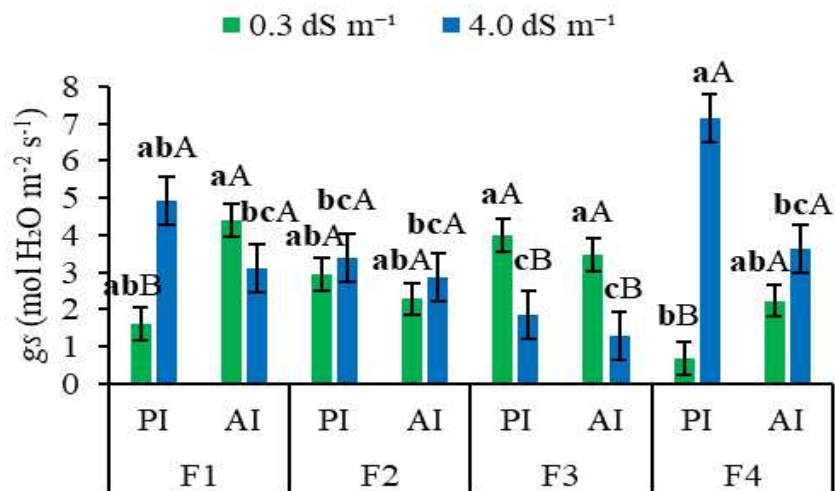


fosfatada. Esses mesmos autores descobriram que o estresse salino afetou negativamente a taxa fotossintética.

### 6.2.3 Condutância estomática

No tratamento F4, o estresse salino na presença de biofertilizante bovino como fonte orgânica elevou os valores de condutância estomática (gs) em comparação às plantas que não estavam sob estresse salino. Para F2 não houve diferença entre os níveis de condutividade elétrica da água, na presença e na ausência do inoculante. Os maiores valores de condutância estomática foram encontrados em plantas inoculadas quando irrigadas com água de CEa mais elevada (Figura 15).

Figura 15 – Condutância estomática de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro de uma mesma CEa e mesmas letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

Possivelmente o insumo orgânico possibilitou a liberação de substâncias húmicas, reduzindo os efeitos deletérios dos sais, possibilitando maior equilíbrio nutricional às plantas e, conseqüentemente, melhorando a atividade fotossintética e a produção de fotoassimilados (SOUSA *et al.*, 2018).

Pode-se observar que a inoculação favoreceu maior abertura estomática em plantas sob estresse na ausência de adubação fosfatada. Essa resposta pode estar associada à capacidade do *Bacillus* de regular fatores envolvidos na limitação estomática, principalmente quando as plantas estão sob estresse nutricional e salino, pois ocorre maior abertura estomática com o aumento da demanda por água e CO<sub>2</sub> (AKRAM *et al.*, 2019).

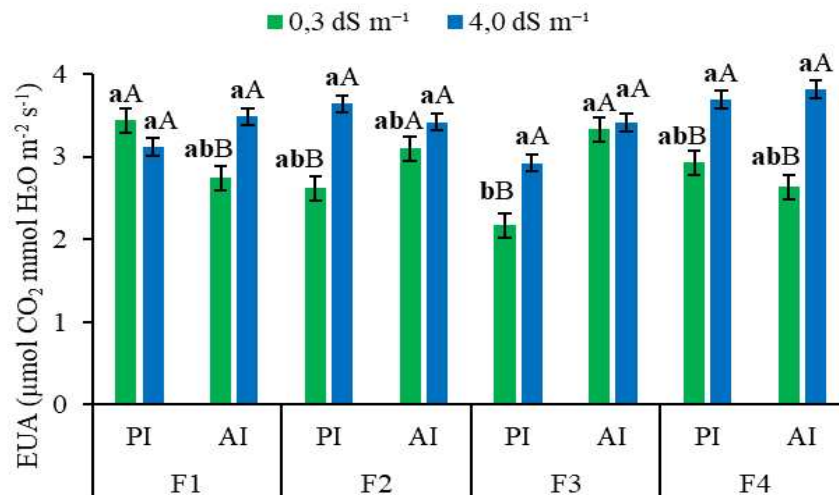
Em estudo realizado por Valle-Romero *et al.* (2023) com cultivo de morango (*Fragaria x ananassa*), até 60 dias após o início dos tratamentos, foram relatados menores valores de condutância estomática para plantas que não foram inoculadas e não receberam fertilizante fosfatado. Porém, os autores não encontraram diferença entre plantas inoculadas na ausência de adubação fosfatada e plantas não inoculadas, independente da adubação após 80 dias de tratamento. Para estes mesmos autores, os valores mais baixos de condutância em plantas não inoculadas e não fertilizadas podem estar associados ao aumento da limitação de CO<sub>2</sub>. A limitação de fósforo afeta a fotossíntese, pois é necessário para a biossíntese de ATP, estando, portanto, envolvido na fisiologia estomática. Murguse *et al.* (2020) detectaram maiores aberturas estomáticas em plantas de melão (*Cucumis melo* L.) inoculadas com bactérias solubilizadoras de fosfato em comparação com plantas não inoculadas.

Além disso, a adubação com biofertilizante bovino (F4) pode ter gerado melhor equilíbrio nutricional com maior acúmulo de K<sup>+</sup> nas células guarda e contribuído para o transporte de água dentro das células, aumentando a turgidez celular e resultando em maior abertura dos estômatos (TAIZ *et al.*, 2017). Souza *et al.* (2019b), ao avaliarem o estresse salino e o uso de biofertilizante de origem bovina e caprina no cultivo do feijão, obtiveram melhor condutância estomática na presença de biofertilizantes orgânicos.

#### **6.2.4 Eficiência no uso da água**

A eficiência no uso da água (EUA) nas plantas de amendoim, com exceção da F1, que receberam inoculação foi maior em condições de estresse salino (Figura 16).

Figura 16 – Eficiência no uso da água de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro de uma mesma CEa e mesmas letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

Altas taxas de eficiência no uso da água podem reduzir a absorção de sais e aliviar o déficit hídrico causado pela salinidade (SOUSA *et al.*, 2022). Plantas inoculadas com microrganismos em condições de estresse salino podem se adaptar através da produção de fitohormônios que, além de ajudarem a resistir ao estresse salino permanente, contribuem para o equilíbrio das adaptações fisiológicas (CHOUDHARY *et al.*, 2022).

Valle-Romero *et al.* (2023) obtiveram maiores valores de eficiência no uso da água em morangueiros inoculados com bactérias solubilizadoras de fosfato e que receberam adubação fosfatada. Segundo os autores, o fósforo está envolvido em processos fundamentais como assimilação de carbono e transferência de energia, favorecendo assim as etapas de assimilação de carbono e eficiência de transferência de energia pelas plantas e consequentemente contribuindo para a eficiência do uso da água.

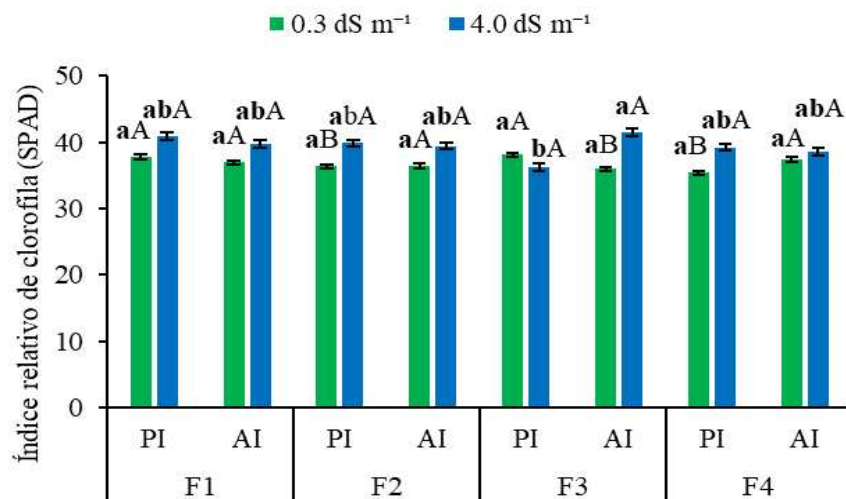
Sousa *et al.* (2021b), avaliando a eficiência do uso da água em plantas de amendoim sob estresse salino e formas de adubação organomineral, encontraram maiores médias de EUA quando as plantas foram irrigadas com água de 5,0 dS m<sup>-1</sup> aos 40 DAS. Com a redução da disponibilidade hídrica causada pelas alterações no potencial osmótico do solo, o ajuste

osmótico foi mantido como estratégia para garantir a absorção de água e manter a turgidez celular (SOUSA *et al.* 2021a).

### 6.2.5 Índice relativo de clorofila

O índice relativo de clorofila nas plantas de amendoim apresentou redução sob irrigação com água de menor salinidade nos tratamentos F2 e F4 com inoculação e no tratamento F3 na ausência de inoculante (Figura 17).

Figura 17 – Índice relativo de clorofila de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro de uma mesma CEa e mesmas letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

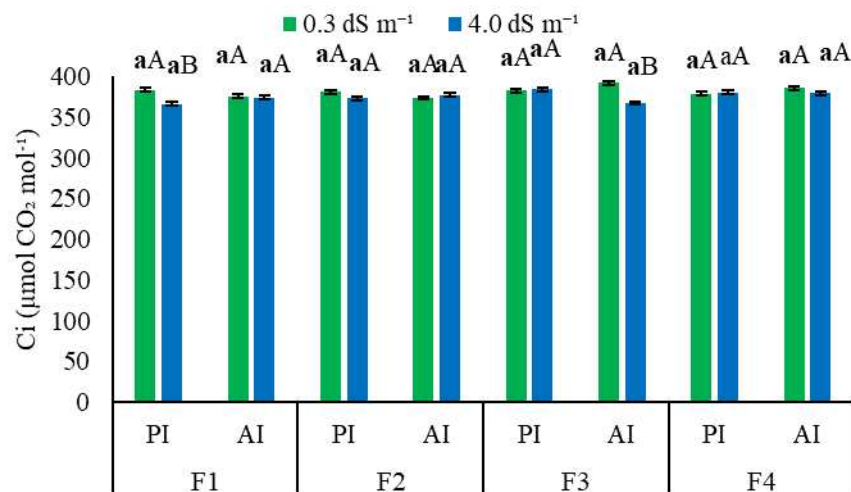
Em ambientes sob estresse causado por excesso de sais, Abdelmoteleb e Gonzalez-Mendoza (2020) observaram que a inoculação com *Bacillus megaterium* e *Bacillus cereus* em feijoeiros mitigou o estresse salino e aumentou o índice de clorofila.

El-Esawi *et al.* (2018) relataram tendência semelhante à encontrada neste estudo, onde a inoculação de plantas de soja (*Glycine max* L.) com *Bacillus firmus* mitigou os efeitos da salinidade nas plantas, promovendo vias biossintéticas da clorofila. Para os autores, a inoculação pode ter contribuído para a absorção de nutrientes e induzido a biossíntese de pigmentos, mitigando o efeito do estresse na maquinaria fotossintética.

### 6.2.6 Concentração interna de CO<sub>2</sub>

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (Figura 18) foi menor nas plantas de amendoim irrigadas com água de maior salinidade nas formas de adubações F1 e F3. Para F2 e F4 não houve diferenças significativas.

Figura 18 – Concentração interna de CO<sub>2</sub> de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro de uma mesma CEa e mesmas letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

Sob condições de exposição a altas concentrações de sais, os microrganismos podem atuar modulando as expressões genéticas para manter a homeostase iônica, ajudando a aumentar o nível de K<sup>+</sup> e a manter a relação K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> removendo o excesso de Na<sup>+</sup> em plantas sob estresse (ABDEL LATEF *et al.*, 2020). O efeito mitigador do estresse salino em plantas inoculadas com formas de adubação F2, F3 e F4 pode estar associado a este mecanismo.

A redução na concentração interna de CO<sub>2</sub> é consequência do fechamento estomático e é um dos principais mecanismos na redução da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>. A maior abertura estomática favorece a entrada de CO<sub>2</sub> da atmosfera para o mesófilo foliar, e em caso de alto estresse há limitações na entrada de CO<sub>2</sub> (TAIZ *et al.*, 2017). A redução nas formas F1 e F3 indicam o efeito prejudicial dos sais nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (ZAFAR *et al.*, 2018).

Barbosa *et al.* (2022) também observaram redução na concentração interna de CO<sub>2</sub> à medida que aumentava a concentração de sais na água de irrigação em plantas de amendoim adubadas com 100% da dose recomendada de fósforo. De forma semelhante, Sousa *et al.* (2021b) também obtiveram redução na concentração interna de CO<sub>2</sub> em plantas de amendoim irrigadas com água de maior salinidade e adubadas com biofertilizante bovino.

### 6.3 Componentes da produção

Conforme apresentado no resumo da análise de variância (Tabela 5), houve interação ( $p \leq 0,01$ ) e ( $p \leq 0,05$ ) entre formas de adubação, condutividade elétrica e inoculação para o diâmetro de vagem, a massa de vagem, o número total de vagem e produção. Já para comprimento de vagem, houve interação ( $p \leq 0,05$ ) entre formas de adubação versus condutividade elétrica da água e entre adubação e inoculação. Para vagens comerciais e vagens não comerciais não houve efeito significativo entre os fatores.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para o comprimento de vagem (CVa), diâmetro de vagem (DV), massa das vagens (MV), número total de vagens (NTV), vagens comerciais (VC), vagens não comerciais (VNC) e produção (PROD) em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) sob diferentes formas de adubação, níveis de condutividade elétrica da água e inoculação.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		CVa	DV	MV	NTV	VC	VNC	PROD
Formas de	3	12.89 <sup>ns</sup>	1.18	26.43 <sup>**</sup>	26.34 <sup>**</sup>	28.70 <sup>ns</sup>	1.32 <sup>ns</sup>	50685.01 <sup>**</sup>
Inoculação (I)	1	2.67 <sup>ns</sup>	0.01	4.85 <sup>ns</sup>	10.19 <sup>*</sup>	10.58 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	3457.39 <sup>**</sup>
Condutividade	1	18.55 <sup>ns</sup>	0.79	0.26 <sup>ns</sup>	52.91 <sup>**</sup>	18.62 <sup>ns</sup>	8.77 <sup>ns</sup>	37925.08 <sup>**</sup>
FF x I	3	82.51 <sup>**</sup>	1.36	1.33 <sup>ns</sup>	7.28 <sup>*</sup>	10.01 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	3185.26 <sup>**</sup>
FA x CEa	3	39.45 <sup>**</sup>	2.50 <sup>*</sup>	7.93 <sup>**</sup>	9.86 <sup>**</sup>	10.19 <sup>ns</sup>	0.56 <sup>ns</sup>	19938.21 <sup>**</sup>
I x CEa	1	3.98 <sup>ns</sup>	4.19 <sup>*</sup>	1.50 <sup>ns</sup>	2.83 <sup>ns</sup>	0.72 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>	6303.38 <sup>**</sup>
FA x I x CEa	3	5.94 <sup>ns</sup>	2.65 <sup>*</sup>	4.65 <sup>*</sup>	9.37 <sup>**</sup>	2.62 <sup>ns</sup>	2.48 <sup>ns</sup>	10648.97 <sup>**</sup>
Tratamentos	15	29.84 <sup>**</sup>	1.18 <sup>**</sup>	8.51 <sup>**</sup>	14.96 <sup>**</sup>	14.30 <sup>ns</sup>	1.68 <sup>ns</sup>	20070.55 <sup>**</sup>
Resíduo	64	5.00	0.71	1.43	2.21	2.79	1.82	224.01 <sup>**</sup>
CV (%)	-	8.87	8.10	37.63	27.25	38.67	19.32	34.2

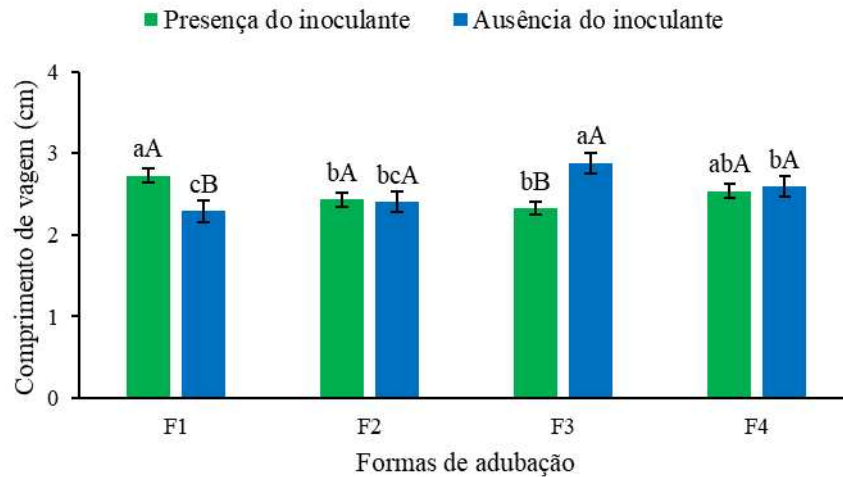
Fonte: Autor (2024). FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; \*, \*\*, ns - Significativo a  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  e não significativo, respectivamente

#### 6.3.1. Comprimento de vagem

Para o comprimento de vagem (Figura 19), a inoculação com *Bacillus* sp. proporcionou maior comprimento em plantas que não receberam a adubação fosfatada (F1).

Entretanto, quando as plantas não foram inoculadas, foram obtidos comprimento de vagem maiores em plantas adubadas com 100% de fósforo (F3).

Figura 19 – Comprimento da vagem de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 – 0% de fósforo, F2 – 50% de fósforo, F3 – 100% de fósforo e F4 – adubação com biofertilizante bovino) e presença e ausência do inoculante



Fonte: Autor (2024). Letras maiúsculas comparam os valores médios da inoculação em cada forma de adubação e letras minúsculas comparam os valores médios das diferentes formas de adubação na presença e ausência do inoculante não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,01$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

Esse resultado mostra que as bactérias apesar de conseguirem solubilizar P através da produção de fosfatases que liberam íons P (ortofosfatos) para a solução do solo, possivelmente não conseguiram transformar esse P na forma lábil, mesmo em níveis elevados de fósforo, ou seja, quanto maior a disponibilidade de fósforo, menor a atividade de fosfatase (BASÍLIO *et al.* 2022). Esse resultado parece estar condizente ao presente estudo, no qual as maiores vagens de amendoim foram observadas em plantas que não receberam a adubação (F1), indicando a maior atividade das bactérias quando há baixa disponibilidade de fósforo.

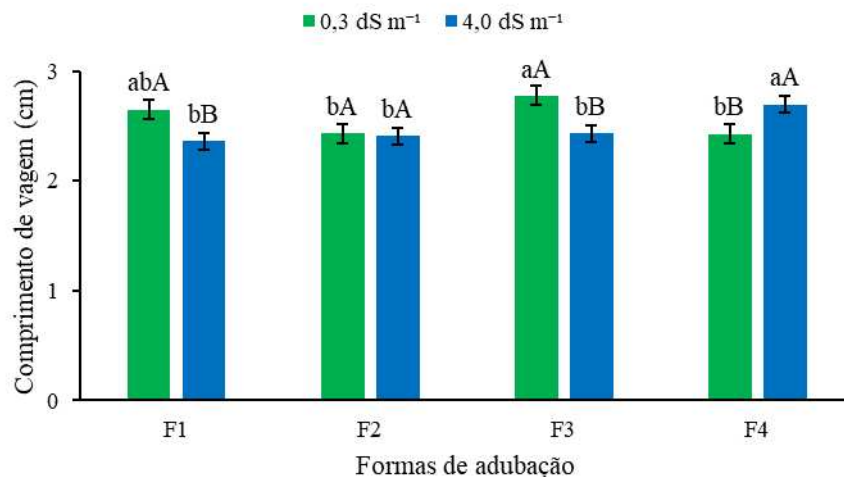
Souza *et al.* (2019), utilizando biofertilizante bovino como bioestimulante na cultura do amendoim, constataram maior comprimento de vagem em plantas com biofertilizante bovino em relação à adubação mineral. O comprimento da vagem tem relação com o número de grãos por vagem e a depender do estresse a planta pode direcionar suas reservas para aumentar a qualidade dos grãos (SILVA *et al.* 2019).

Em trabalho de Preetham *et al.* (2020), a adubação com 100% da dose recomendada para o milho na presença de *Bacillus megaterium* e *Azospirillum* proporcionaram maiores comprimentos da espiga em relação às plantas que não receberam adubação e inoculação,

entretanto, não diferiu de plantas que receberam apenas a adubação mineral de 100% na ausência das bactérias.

O aumento de sais na água de irrigação reduziu o comprimento da vagem nas formas de adubação F1 e F3, entretanto, o maior comprimento de vagem obtido sob estresse salino foi encontrado na presença da adubação orgânica (F4). Quando irrigadas com água de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  e adubadas com 100% da dose recomendada de fósforo (F3), as plantas obtiveram vagens de maior comprimento (Figura 20).

Figura 20 – Comprimento de vagem de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 – 0% de fósforo, F2 – 50% de fósforo, F3 – 100% de fósforo e F4 – adubação com biofertilizante bovino) e níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  e  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ )



Fonte: Autor (2024). Letras maiúsculas comparam os valores médios de CEa em cada forma de adubação e letras minúsculas comparam os valores médios das diferentes formas de adubação no mesmo nível de CEa não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,01$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

Essa resposta pode estar relacionada ao fato de as plantas necessitarem de maior energia em seus processos de absorção de água e de ajustes bioquímicos para conseguirem sobreviver quando submetidas a estresse abióticos (CRUZ *et al.*, 2021). Guilherme *et al.* (2021), com plantas de amendoim irrigadas com água de menor condutividade elétrica e adubadas com 50% da dose recomendada de fósforo, obtiveram maior comprimento das vagens em relação às plantas sob estresse salino, não diferindo das plantas que receberam 100% da adubação de fósforo.

O aumento do estresse salino também reduziu o comprimento de vagens de amendoim em estudo realizado por Sousa *et al.* (2023). Esses mesmos autores verificaram que

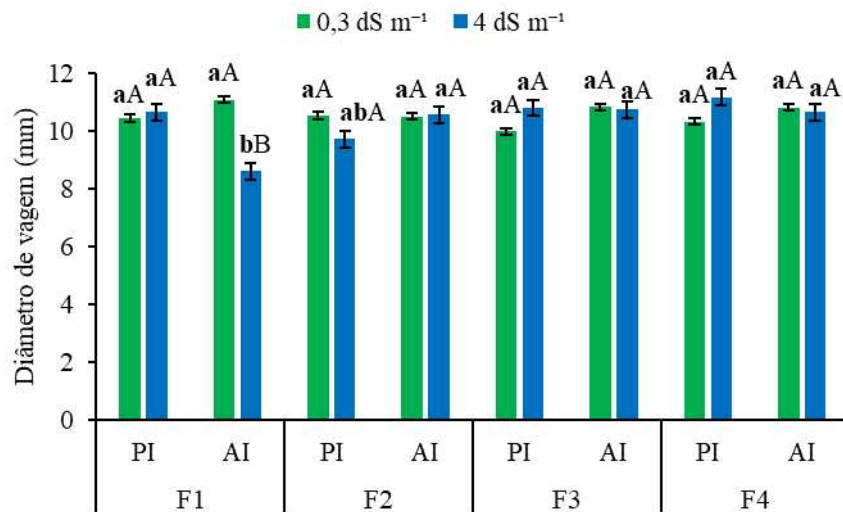


a adubação 100% orgânica com biofertilizante bovino proporcionou maior comprimento de vagem em relação ao tratamento controle. Araújo *et al.* (2023) obtiveram maiores comprimento de vagens de amendoim em plantas submetidas à baixa condutividade elétrica da água de irrigação.

### 6.3.2 Diâmetro de vagem

Na Figura 21, as plantas de amendoim irrigadas com água de menor condutividade elétrica não apresentaram diferença nas formas de adubação na presença e na ausência do inoculante para o diâmetro de vagem. Entretanto, sob condições de estresse salino e sem adubação com fósforo (F1) houve redução no diâmetro das vagens na ausência dos microrganismos.

Figura 21 – Diâmetro de vagem de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), na presença e na ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro da mesma CEA e letras maiúsculas para as diferentes CEA dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

A inoculação e adubações com fósforo nas plantas pode favorecer os processos enzimáticos da fosfatase que está envolvida na degradação dos fosfatos, como fosfatases e fitases (YANG; ANTONIETTI, 2019), proporcionando maior assimilação de carbono na planta

e eficiência na transferência de energia e consequentemente maior disponibilidade de fósforo (VALLE-ROMERO *et al.*, 2023). Souza *et al.* (2019a), estudando a influência da adubação orgânica e mineral na cultura do amendoim, não encontraram diferença entre as duas formas de adubação no diâmetro de vagens.

Semelhante ao resultado no presente estudo, Sousa *et al.* (2023) obtiveram redução no diâmetro de vagens com o aumento da condutividade elétrica na cultura do amendoim. O estresse salino pode resultar em diminuição no potencial hídrico do substrato e consequentemente ocorre maior gasto de energia para manter as atividades metabólicas das plantas ocasionando em vagens de menor diâmetro, como estratégia para aclimatar a planta submetida ao estresse (SILVA *et al.*, 2019).

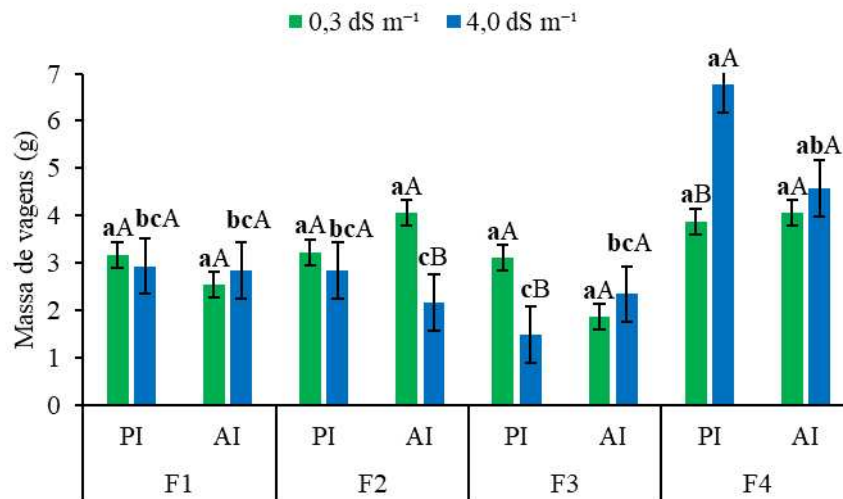
Goes *et al.* (2021), avaliando o estresse salino na cultura do amendoim não inoculada e adubada com 100% da recomendação fosfatada, evidenciaram redução no diâmetro de vagens em relação as plantas irrigadas com água de menor salinidade. Em trabalho de Sousa *et al.* (2023), com a cultura do amendoim na presença de biofertilizante bovino e de adubação mineral sob condições de estresse salino, o aumento dos sais na água de irrigação resultou em menor diâmetro de vagem na adubação mineral. De acordo com os autores, essa resposta pode estar associada ao efeito positivo da adubação orgânica em ambientes salinos pelo ajuste osmótico e a ação microbiológica do material.

### **6.3.3 Massa de vagens**

A Figura 22 apresenta o resultado do teste de médias para a massa de vagens de amendoim inoculadas sob formas de adubação e níveis de CEa. Plantas adubadas com biofertilizante bovino (F4) e inoculadas com *Bacillus* sob estresse salino apresentaram maior massa de vagens, no entanto não houve diferença para as plantas não inoculadas. Por outro lado, o estresse salino reduziu a massa das vagens de plantas adubadas com 50% de fósforo (F2) na ausência do inoculante e em plantas adubadas com 100% da recomendação fosfatada na presença.

Figura 22 – Massa de vagens de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e

ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro da mesma CEa e letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

A superioridade do tratamento com adubação orgânica associado ao uso de inoculante, pode estar associada à liberação de substâncias húmicas no solo que facilita a absorção de macronutrientes (ILANGUMARAN; SCHWINGHAMER; SMITH, 2021; RODRIGUES *et al.*, 2022). Em condições estressantes, os microrganismos podem atuar na tolerância à salinidade sendo capazes de mediar o ajustamento osmótico e proteger macromoléculas da desidratação com o acúmulo de enzimas (UPADHYAY *et al.* 2019).

As bactérias tolerantes aos sais formam biofilmes que atribuem resistência ao estresse, produzindo exopolissacarídeo e conferindo proteção às células bacterianas. O biofilme tem importante capacidade de reter água, reduzindo os efeitos prejudiciais do estresse osmótico nas plantas (ALI *et al.* 2022).

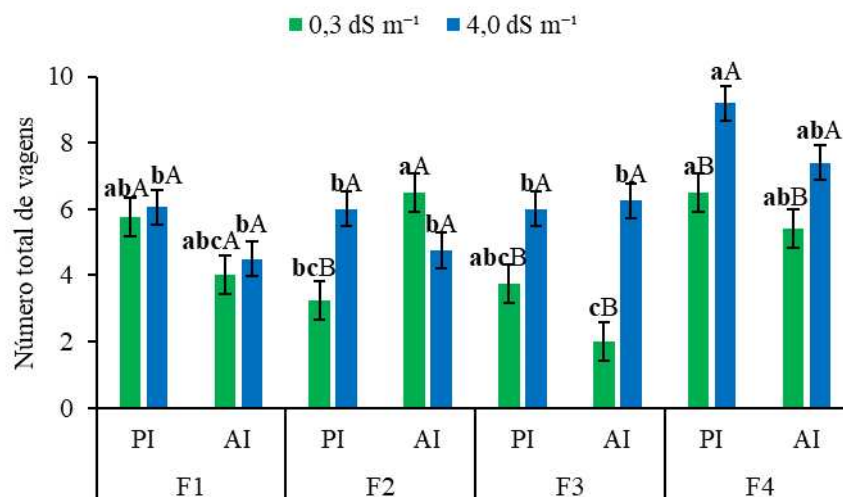
Veras *et al.* (2018), estudando o efeito do biofertilizante bovino na cultura do feijão, obtiveram maior massa das vagens em plantas que receberam a adubação orgânica. Sousa *et al.* (2023) encontraram maior massa de vagens de amendoim quando adubadas com biofertilizante bovino em relação às plantas que receberam adubação mineral sob estresse salino. A adição de adubos orgânicos tanto em condições normais quanto em estresse salino melhora a atividade microbiana dos solos, aumentando a mineralização dos nutrientes e consequentemente a disponibilidade de nutrientes às plantas.

Salienta-se que o fósforo tem importante participação para o desenvolvimento de plantas de amendoim por contribuir para maior formação de grãos nas plantas e atuar como fonte de energia para a planta, na qual é convertida na garantia do seu potencial produtivo (MENEGHETTE *et al.*, 2017). Guilherme *et al.* (2021) verificaram redução na massa de vagens de amendoim sob condições de estresse salino em plantas adubadas com 50% da recomendação de fósforo. Canjá *et al.* (2021) também observaram redução na massa de vagens de plantas de amendoim irrigadas com água salobra e com 100% da adubação fosfatada.

### 6.3.4 Número total de vagens

O número de vagens foi maior quando as plantas foram adubadas com biofertilizante bovino (F4) na presença do inoculante e estresse salino. As plantas irrigadas com água de menor condutividade elétrica, não inoculadas e adubadas com 100% da recomendação de fósforo (F3) obtiveram o menor número total de vagens (Figura 23).

Figura 23 – Número total de vagens de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro da mesma CEa e letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,01$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

A influência positiva de fontes orgânicas pode ser devido aos efeitos no desenvolvimento celular, na regulação enzimática e na indução do processo fotossintético

(GAO *et al.* 2020). Isso porque fontes orgânicas são eficientes em diferentes funções nas plantas como em síntese de proteínas e de enzimas (DU *et al.* 2016).

Dados similares ao deste estudo, foram reportados por Sousa *et al.* (2023) ao utilizarem biofertilizante de origem animal como fonte orgânica na cultura do amendoim. Em plantas de soja, Santos *et al.* (2024) encontraram maior número de vagens quando adubadas apenas com biofertilizante bovino e em plantas que receberam adubação organomineral, sendo superiores ao tratamento mineral.

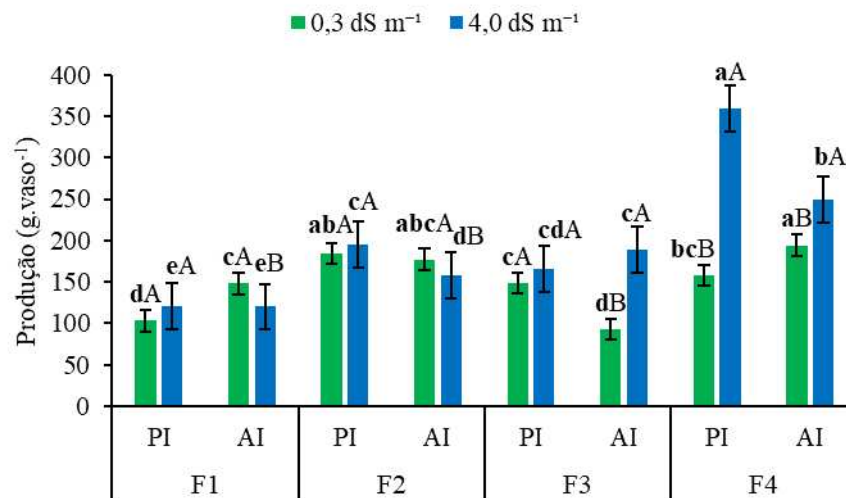
A inoculação com *Bacillus* melhora a absorção de N, P e K em plantas, devido ao papel das bactérias em estimular os microrganismos presentes no solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes, importantes na produção das plantas (SALMAN; AL-SHIBANI, 2019). Gao *et al.* (2020) constataram, ao utilizarem microrganismos com adubação de 50% de NPK, um maior número de fileiras por espiga em plantas de milho.

Em trabalho de Adnan *et al.* (2020) com plantas de milho, se observaram que a concentração e a absorção de P melhoraram com a aplicação de fontes orgânicas, sendo ainda superiores em plantas inoculadas com microrganismos solubilizadores de fósforo, podendo estar relacionada à melhor agregação do solo e à redução da área superficial efetiva que aumentam a mobilidade de fósforo.

### **6.3.5 Produção**

A maior produção foi obtida para plantas inoculadas, adubadas com biofertilizante bovino e submetidas ao estresse salino, entretanto a menor produtividade do amendoim foi obtida em plantas sob estresse salino, que não receberam adubação fosfatada e não foram inoculadas (Figura 24).

Figura 24 – Produção de plantas de amendoim sob diferentes formas de adubação (F1 - 0% fósforo, F2 - 50% fósforo, F3 - 100% fósforo e F4 - biofertilizante bovino), presença e ausência do inoculante (PI e AI) e diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa - 0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>)



Fonte: Autor (2024). Letras minúsculas comparam as formas de adubação com e sem inoculação dentro da mesma CEa e letras maiúsculas para as diferentes CEa dentro de cada forma de adubação não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,01$ ); barras verticais representam erro padrão ( $n = 4$ )

Em trabalho de Haran e Thater (2019), a inoculação com bactérias solubilizadoras de fósforo, *Azotobacter* e *P. fluorescens* promoveu maior desempenho produtivo no milho com água de menor condutividade elétrica e na dose de 100% da adubação fosfatada. Para os autores, a resposta pode estar relacionada à capacidade que as bactérias têm de produzir ácidos minerais que dissolve o fósforo, como ácido carbônico, nítrico e sulfúrico, além de ácidos orgânicos.

Guilherme *et al.* (2021), estudando o efeito de diferentes doses de adubação fosfatada e estresse salino na cultura do amendoim, registraram que a presença do estresse salino interferiu na produtividade em doses de 50 e 100% de fósforo, obtendo maior produtividade em plantas que receberam a dose recomendada para a cultura juntamente com a irrigação de menor condutividade elétrica. O efeito negativo e substancial da salinidade na produtividade mostra que a produção foi comprometida na presença dos sais devido ao maior desvio de energia (RODRIGUES *et al.*, 2022).

Para o efeito da adubação orgânica, é importante destacar que o uso de biofertilizantes possui diversas vantagens para o sistema solo-planta, pela capacidade de promover o aumento da permeabilidade e da retenção de água no solo, favorecer o crescimento de raízes, facilitar a atividade enzimática e de possibilitar maior absorção de nutrientes (YANG; ANTONIETTI, 2019).

Freire *et al.* (2022), estudando a combinação de diferentes biofertilizantes orgânicos e estresse salino na cultura do milho, constataram que independente dos diferentes níveis de

condutividade elétrica da água, as plantas de milho obtiveram maiores produtividades quando receberam adubação orgânica, em relação às que não receberam. Entretanto, a maior produtividade obtida foi observada em plantas que receberam a combinação de esterco bovino, caprino e de aves sob menor condutividade elétrica.

Plantas de amendoim submetidas à água de irrigação de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  apresentaram produtividade significativa sob adubação orgânica com biofertilizante bovino, podendo este fato ser atribuído à liberação de substâncias húmicas no solo possibilitando maior eficiência na absorção de água e de nutrientes (SOUSA *et al.* 2023).

## 7 CONCLUSÕES

Adubação com adubo orgânico (100% biofertilizante) e fertilizante mineral (50 e 100% de fósforo) associado com *Bacillus* sp. mitigou os danos causados pelo estresse salino e promoveu maior eficiência no uso da água, índice de clorofila, concentração interna de CO<sub>2</sub> e no diâmetro do caule em amendoim (*Arachis hypogaea* L.).

O tratamento controle (sem adubação fosfatada e sem estresse salino) e a aplicação de *Bacillus* sp. promoveu maior desempenho na fotossíntese líquida, na taxa de transpiração, na condutância estomática e na altura da planta em amendoim.

A utilização de biofertilizante bovino associado ao uso de *Bacillus* sp. mitigaram o estresse salino e proporcionaram maior crescimento para comprimento de vagem, número total de vagens e a produção da cultura do amendoim.

As formas de adubação com 50% e 100% das doses de fósforo, associada ao uso de *Bacillus* sp. foram mais eficientes para o comprimento de vagem, massa de vagens e a produção quando irrigada com água de menor salinidade.



## REFERÊNCIAS

- ABDEL LATEF, A. A. H.; ABU ALHMAD, M. F.; KORDROSTAMI, M.; ABO-BAKER, A. B. A. E.; ZAKIR, A. Inoculation with *Azospirillum lipoferum* or *Azotobacter chroococcum* reinforces maize growth by improving physiological activities under saline conditions. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.39, p.1293-1306, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-020-10065-9>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- ABDELMOTELEB, A.; GONZALEZ-MENDOZA, D. Isolation and identification of phosphate solubilizing *Bacillus* spp. from *Tamarix ramosissima* rhizosphere and their effect on growth of *Phaseolus vulgaris* under salinity stress. **Geomicrobiology Journal**, v.37, p.901-908, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01490451.2020.1795321>. Acesso em: 12 set. 2023.
- ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 18, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/7/1/18>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- ADNAN, M.; FAHAD, S.; ZAMIN, M.; SHAH, S.; MIAN, I. A.; DANISH, S.; DATTA, R. Coupling phosphate-solubilizing bacteria with phosphorus supplements improve maize phosphorus acquisition and growth under lime induced salinity stress. **Plants**, v. 9, n. 7, p. 900, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/7/900>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- AKRAM, W.; ASLAM, H.; AHMAD, S. R.; ANJUM, T.; YASIN, N. A. *Bacillus megaterium* strain A12 ameliorates salinity stress in tomato plants through multiple mechanisms. **Journal of Plant Interactions**, v.14, p.506-518, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429145.2019.1662497>. Acesso em: 21 set. 2023.
- ALI, B.; HAFEEZ, A.; AHMAD, S.; JAVED, M. A.; AFRIDI, M. S.; DAWOUD, T. M.; SELIM, S. *Bacillus thuringiensis* PM25 ameliorates oxidative damage of salinity stress in maize via regulating growth, leaf pigments, antioxidant defense system, and stress responsive gene expression. **Frontiers in plant science**, v. 13, p. 921668, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.921668/full#B5>. Acesso em: 11 jan. 2024.
- ALORI, ELIZABETH T.; GLICK, BERNARD R.; BABALOLA, OLUBUKOLA O. MICROBIAL phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 971, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2017.00971/full>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- ALVARES, C. A.; STAPE J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L. DE; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013. Disponível em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil?af=crossref](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref). Acesso em: 14 de set. 2023.

ARAÚJO, M. D. R.; FARIAS, L. R. A.; SANTOS, L. V.; SANTOS, M. D. S. dos; SILVA, D. S., ALVES, T. N. B.; SANTOS, D. P. dos; SOUSA, I. F.; SILVA, S.; SANTOS, M. A. L dos. Desempenho agrônomo da cultura do amendoim irrigado com água salina em ambiente protegido. **Observatório de la economía latinoamericana**, v. 21, n. 8, p. 9881-9900, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/853>. Acesso em: 02 jan. 2024.

ARYA, S. S.; SALVE, A. R.; CHAUHAN, S. Peanuts as functional food: a review. **Journal of Food Science and Technology**, [S.l.], v. 53, n.1, p. 31-41, Jan 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-015-2007-9>. Acesso em: 25 fev. 2023.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

BAHADIR, P. S.; LIAQAT, F.; ELTEM, R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. **Turkish Journal of Botany**, v. 42, n. 2, p. 183-196, 2018. Disponível em: <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol42/iss2/5/>. Acesso em: 02 nov. 2023.

BARBOSA, A. S.; SOUSA, G. G. de; FREIRE, M. H. da C.; LEITE, K. N.; SILVA, F. D. da; VIANA, T. V. de A. Gas exchange and growth of peanut crop subjected to saline and water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, p.557-563, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/KrnzrgPfxFByLDwcYYz8FtP/?lang=en>. Acesso em: 07 set. 2023.

BARRESI, O.; LAVADO, R. S.; CHIOCCHIO, V. M. Can dark septate endophytic fungi (DSE) mobilize selectively inorganic soil phosphorus thereby promoting sorghum growth? A preliminary study. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 3, p. 220-223, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754122000207>. Acesso em: 14 set. 2023.

BASÍLIO, F.; DIAS, T.; SANTANA, M. M.; MELO, J.; CARVALHO, L.; CORREIA, P.; CRUZ, C. Multiple modes of action are needed to unlock soil phosphorus fractions unavailable for plants: the example of bacteria-and fungi-based biofertilizers. **Applied soil ecology**, v.178, p.104550, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139322001664?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jan. 2024.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9.ed. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545 p.

CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S. M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.

BLANCO-VARGAS, A.; RODRÍGUEZ-GACHA, L. M.; SÁNCHEZ-CASTRO, N.; GARZÓN-JARAMILLO, R.; PEDROZA-CAMACHO, L. D.; POUTOU-PIÑALES, R. A.; PEDROZA-RODRÍGUEZ, A. M. Phosphate-solubilizing *Pseudomonas* sp., and *Serratia* sp.,

co-culture for *Allium cepa* L. growth promotion. **Heliyon**, v. 6, n. 10, 2020. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(20\)32061-2.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(20)32061-2.pdf). Acesso em: 12 jul. 2023.

BOARETTO, A. E.; NATALE, W. **Importância da Nutrição Adequada para Produtividade e Qualidade dos Alimentos**. In: PRADO R. M.; CECÍLIO FILHO A. B. (Ed.) *Nutrição e Adubação de Hortaliças*. São Paulo: FCAV/CAPES, 2016. p. 45-74. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/William-Natale/publication/301800747\\_Importancia\\_da\\_Nutricao\\_Adequada\\_para\\_Produtividade\\_e\\_Qualidade\\_dos\\_Alimentos/links/5728cb4108ae057b0a0336d9/Importancia-da-Nutricao-Adequada-para-Produtividade-e-Qualidade-dos-Alimentos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/William-Natale/publication/301800747_Importancia_da_Nutricao_Adequada_para_Produtividade_e_Qualidade_dos_Alimentos/links/5728cb4108ae057b0a0336d9/Importancia-da-Nutricao-Adequada-para-Produtividade-e-Qualidade-dos-Alimentos.pdf). Acesso em: 12 dez. 2023.

BOLONHEZI, D.; GODOY, I. J.; SANTOS, R. C. **Manejo cultural do amendoim**. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. (Org). *O agronegócio do amendoim no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 71-114.

BORIN, A. L. D. C. *Adubação do Algodoeiro no Ambiente do Cerrado*. Campina Grande: Embrapa Algodão. Sistema de Produção, 2014. ISSN 0100-7084. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1012109>. Acesso em: 14 fev. 2023.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2009.

BRITO, L. E. M.; REZENDE, A. L. A. M.; SILVA, C. O. C.; SILVA, H. D.; SILVA, C. D. R.; LUZ, J. H. S. Desenvolvimento e nutrição inicial do milho com inoculação do BiomaPhos<sup>®</sup> associado a fontes fosfatadas. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 8, n. 2, p. 1-12, 2022. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/7926>. Acesso em: 15 nov. 2023.

CANJÁ, J. F.; SALES, J. R. D. S.; PINHO, L. L.; SOUSA, N. I. G.; LACERDA, C. F. D.; SOUSA, G. G. Eficiência de produção e uso de água do amendoim sob estresse salino e cobertura do solo. **Revista ciência agrônômica**, v. 52, p. 1-8, 2021. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/84958>. Acesso em: 18 nov. 2023.

CASTALDI, S.; VALKOV, V. T.; RICCA, E.; CHIURAZZI, M.; ISTRICATO, R. Use of halotolerant *Bacillus amyloliquefaciens* RHF6 as a bio-based strategy for alleviating salinity stress in *Lotus japonicus* cv Gifu. **Microbiological Research**, v.268, p.127-274, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0944501322003147?via%3Dihub>. Acesso em: 8 set. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/2023, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 02 dez. 2023.

CHOUDHARY, M.; CHANDRA, P.; DIXIT, B.; NEHRA, V.; CHOUDHARY, U. CHAUDHARY, S. v. 53, n. 13, p. 1692-1711, 2022. Plant growth-promoting microbes: Role and prospective in amelioration of salt stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 53, n. 13, p. 1692-1711, 2022. Disponível em:

[https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00103624.2022.2063316?casa\\_token=eD8S8SgwmOoAAAAA%3ATztU476uW063dplXoa9GYa95p20S6VLgdzSMzSODZQekVDB4wK mMpONtEFD3xYtNWJvsLdiZ-yfICXKR](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00103624.2022.2063316?casa_token=eD8S8SgwmOoAAAAA%3ATztU476uW063dplXoa9GYa95p20S6VLgdzSMzSODZQekVDB4wK mMpONtEFD3xYtNWJvsLdiZ-yfICXKR). Acesso em: 23 jul. 2023.

CRUZ, R. I. F.; SILVA, G. F. D.; SILVA, M. M. D.; SILVA, A. H. S.; SANTOS JUNIOR, J. A.; SILVA, Ê. F. D.; FRANÇA, E. Productivity of irrigated peanut plants under pulse and continuous dripping irrigation with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 1, p. 208 – 218, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/RZPvz7dNjwxSpydKbCsJhHM/?lang=en>. Acesso em: 02 jan. 2024.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. 2. ed. p. 151-161. 2016.

DU, Z.; CHEN, X.; QI, X.; LI, Z.; NAN, J.; DENG, J. The effects of biochar and hoggery biogas slurry on fluvo-aquic soil physical and hydraulic properties: a field study of four consecutive wheat-maize rotations. *J. Soils sediments* v. 16, p. 2050–2058, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-016-1402-9>. Acesso em: 13 dez. 2023.

EL-ESAWI, M. A.; ALARAIDH, I. A.; ALSAHLI, A. A.; ALAMRI, S. A.; ALI, H. M.; ALAYAFI, A. A. *Bacillus firmus* (SW5) augments salt tolerance in soybean (*Glycine max* L.) by modulating root system architecture, antioxidant defense systems and stress-responsive genes expression. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.132, p.375-384, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S098194281830425X?via%3Dihub>. Acesso em: 03 set. 2023.

FEITOSA, C. T.; NOGUEIRA, S. S. S.; GERIN, M. A. N.; RODRIGUES FILHO, F. S. O. Avaliação do crescimento e da utilização de nutrientes pelo amendoim. **Scientia Agricola**, v. 50, p. 427-437, 1993. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/JMY4sNWx5ScRtFgjtrSXz4L/?lang=pt>. Acesso em: 22 jan. 2024.

FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.

FERRARI NETO, J.; COSTA, C. H. M. da; CASTRO, G. S. A. Ecofisiologia do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2012. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/6033>. Acesso em: 01 jun. 2023

FIGUEREDO, L. F.; MAIA JUNIOR, S. O.; FIGUEREDO, J. P.; SILVA, J. N.; FERREIRA, R. S.; ANDRADE, R. Desempenho agrônômico de amendoim sob diferentes fontes e doses de biofertilizantes. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 7, n. 5, p. 17-26, 2018. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/19345>. Acesso em: 19 set. 2023.

FREIRE, M. H. C.; VIANA, T. V.A.; SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M; SOUSA, H. C.; GOES, G. F.; LESSA, C. I. N.; SILVA, F. D. B. Organic fertilization and salt stress on the agronomic performance of maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

**Ambiental**, v. 26, n.11, p. 848-854, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/3LvrrgKPssrbT8fv6jZPnQh/?lang=en>. Acesso em: 8 jan. 2024.

FREITAS, A. G.; SOUSA, G. G.; SILVA SALES, J. R.; SILVA JUNIOR, F. B.; SILVA BARBOSA, A.; GUILHERME, J. M. S. MORFOFISIOLOGIA DA CULTURA DO AMENDOIM CULTIVADO SOB ESTRESSE SALINO E NUTRICIONAL. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 15, n. 1, 2021a. Disponível em: <https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1201>. Acesso em: 12 mar. 2023.

FREITAS, G. Q. de; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R. CUNHA, F. N., SILVA, N. F. da; FAVARETO, R.; ALVES, D. K. M.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Cultivo de girassol em diferentes condições de adubação orgânica e mineral. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e1010615395-e1010615395, 2021b. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15395>. Acesso em: 10 dez. 2023.

GAO, C.; EL-SAWAH, A. M.; ALI, D. F. I.; ALHAJ HAMOUD, Y.; SHAGHALEH, H.; SHETEIWY, M. S.; The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). **Agronomy**, v. 10, n. 3, pág. 319, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/3/319>. Acesso em: 19 nov. 2024.

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

GOES, G. F.; SOUSA, G. G.; SANTOS, S. OLIVEIRA.; SILVA JÚNIOR, F. B.; CEITA, E. D. A. R.; LEITE, K. N. Produtividade da cultura do amendoim sob diferentes supressões da irrigação com água salina. **IRRIGA**, v. 26, n. 2, 2021. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4336>. Acesso em: 09 fev. 2024.

GRACIANO, E. S. A.; NOGUEIRA, REJANE J. M. C. LIMA, D. R. M.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.794–800, 2011. Disponível: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tmKZ4MLY79FkgJ47z84Jh3m/>. Acesso em: 14 mai. 2023.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.127-157, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423898001927>. Acesso em: 06 set. 2023.

GUILHERME, J. M. da S.; SOUSA, G. G. de; SANTOS, S. de O. ; GOMES, K. R.; VIANA, T. V. de A. Água salina e adubação fosfatada na cultura do amendoim. **IRRIGA**, v. 1, n. 4, p. 704–713, 2021. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4428>. Acesso em: 29 dez. 2023.

GÜNES, A.; ATAÖĞLU, N.; TURAN, M.; EŞITKEN, A.; KETTERINGS, QM. Effects of phosphate-solubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. **Journal of Plant nutrition and soil science**, v. 172, n. 3, p. 385-392, 2009.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.200800121>. Acesso em: 30 nov. 2023.

HARAN, M. S.; THAHER, A. Z. T. Effect Bio-fertilizer of *Bacillus*, *Azotobacter* and *Pseudomonas* florescence in the Growth and Production of Corn Plant (*Zea mays* L.). **Basrah journal of agricultural sciences**, v. 32, p. 7-14, 2019. Disponível em: <https://bjas.bajas.edu.iq/index.php/bjas/article/view/132>. Acesso em: 19 jan. 2024.

HIDRI, R.; MAHMOUD, O. M. B.; DEBEZ, A.; ABDELLY, C.; BAREA, J. M.; AZCON, R. Modulation of C:N:P stoichiometry is involved in the efficacy of a PGPR and AM fungus in increasing tolerance to saline stress of *Sulla carnosa* of Tunisian origin. **Applied Soil Ecology**, v.143, p.161-172, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139319300599?via%3Dihub>. Acesso em: 14 set. 2023.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F.V. S. **Qualidade da água para irrigação**. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (eds.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016, p 35-50.

ILANGUMARAN, G.; SCHWINGHAMER, T. D.; SMITH, D. L. Rhizobacteria from root nodules of an indigenous legume enhance salinity stress tolerance in soybean. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 617978, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.617978/full>. Acesso em: 11 dez. 2023.

JOHNSTON, A. E.; POULTON, P. R.; FIXEN, P. E.; CURTIN, D. Phosphorus: its efficient use in agriculture. **Advances in agronomy**, v. 123, p. 177-228, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124202252000054>. Acesso em: 10 set. 2023.

KADMIRI, I. M.; CHAOUQUI, L.; AZAROUAL, S. E.; SIJILMASSI, B.; YAAKOUBI, K.; WAHBY, I. Phosphate-solubilizing and auxin-producing rhizobacteria promote plant growth under saline conditions. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 43, p. 3403-3415, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-017-3042-9>. Acesso: 05 ago. 2023.

KALAYU, G. Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers. **International Journal of Agronomy**, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ija/2019/4917256/>. Acesso em: 13 set. 2023.

KANG, S. M.; RADHAKRISHNAN, R.; LEE, K. E.; YOU, Y. H.; KO, J. H.; KIM, J. H.; LEE, I. J. Mechanism of plant growth promotion elicited by *Bacillus* sp. LKE15 in oriental melon. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science**, v. 65, n. 7, p. 637-647, 2015. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09064710.2015.1040830>. Acesso em: 24 out. 2023.

KUDOYAROVA, G. R.; VYSOTSKAYA, L. B.; ARKHIPOVA, T. N.; KUZMINA, L. Y.; GALIMSYANOVA, N. F.; SIDOROVA, L. V.; VESELOV, S. Y. Effect of auxin producing

and phosphate solubilizing bacteria on mobility of soil phosphorus, growth rate, and P acquisition by wheat plants. **Acta physiologiae plantarum**, v. 39, p. 1-8, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-017-2556-9>. Acesso em: 11 set. 2024.

LAMBERS, HANS. Nutrient-use efficiency. In: **Marschner's Mineral Nutrition of Plants**. Academic Press, v 4, p. 651-664, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128197738000071> . Acesso em: 12 jul. 2023.

LASTOCHKINA, O.; Aliniaefard, S.; GARSHINA, D.; GARIPOVA, S.; PUSENKOVA, L.; ALLAGULOVA, C.; FEDOROVA, K.; BAYMIEV, A.; KORYAKOV, I.; SOBHANI, M. Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages. **Journal of Plant Physiology**, v. 263, p. 153462, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161721001012?via%3Dihub>. Acesso em: 11 dez. 2023.

LESSA, C. I. N.; SOUSA, G. G. de; SOUSA, H. C.; SILVA JUNIOR, F. B. da; SOUSA, J. T. M. DE; LACERDA, C. F. de. Influência da cobertura morta vegetal e da salinidade sobre as trocas gasosas de genótipos de amendoim. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.15, p.88- 96, 2021. Disponível em: <https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1203>. Acesso em: 18 mar. 2023.

LINU, M. S.; ASOK, A. K.; THAMPI, M.; SREEKUMAR, J.; JISHA, M. S. Plant growth promoting traits of indigenous phosphate solubilizing *Pseudomonas aeruginosa* isolates from Chilli (*Capsicum annum* L.) Rhizosphere. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 4, p. 444-457, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2019.1566469>. Acesso em: 22 dez. 2023.

LIU, J.; LIU, X.; ZHANG, Q.; LI, S.; SUN, Y.; LU, W.; MA, C. Response of alfalfa growth to arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria under different phosphorus application levels. **AMB Express**, v.10, p.200-213, 2020. Disponível em: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-020-01137-w>. Acesso em: 4 set. 2023.

MATOS, A.D.M.; GOMES, I.C.P.; NIETSCHKE, S.; XAVIER, A.A; GOMES, W.S.; SANTOS NETO, J.A.; PEREIRA, M.C.T. Phosphate solubilization by endophytic bacteria isolated from banana trees. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, p. 2945-2954, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/fgrmD9kRfkv9TPRF388YWrP/?lang=en>. Acesso em: 17 jun. 2023.

MCGRATH, J. M.; SPARGO, J.; PENN, C. J. Soil fertility and plant nutrition vol 5 In: *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. 2014.

MEDEIROS, S. A. DA S.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, M. A. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; BEZERRA, F. T. C.; PRAZERES, S. S. Água salina e biofertilizante de esterco bovino na formação e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 779-795,

2016. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2170>. Acesso em: 16 dez. 2023.

MENDOZA-ARROYO, G. E.; CHAN-BACAB, M. J.; AGUILA-RAMÍREZ, R. N.; ORTEGA-MORALES, B. O.; CANCHÉ SOLÍS, R. E.; CHAB-RUIZ, A. O.; CAMACHO-CHAB, J. C. Inorganic phosphate solubilization by a novel isolated bacterial strain *Enterobacter* sp. ITCB-09 and its application potential as biofertilizer. **Agriculture**, v. 10, n. 9, p. 383, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/9/383>. Acesso em: 03 dez. 2023.

MENEGHETTE, H. H. A.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J. W.; PARRA, L. F.; HAYASHI, F. K. Doses de fósforo e potássio em plantas de amendoim na presença e ausência de adubação foliar. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2017. Disponível em: <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/513>. Acesso em: 04 fev. 2024.

MINHAS, P. S.; RAMOS, T. B.; BEN-GAL, A.; PEREIRA, L.S. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 227, 105832, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419309151>. Acesso em: 19 abr. 2023.

MISHRA, P.; MISHRA, J.; ARORA, N. K. Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants—Recent developments and prospects: A review. **Microbiological Research**, v. 252, p. 126861, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501321001671>. Acesso em: 22 jul. 2023.

MISRA, S.; CHAUHAN, P. S. ACC deaminase-producing rhizosphere competent *Bacillus* spp. mitigate salt stress and promote *Zea mays* growth by modulating ethylene metabolism. **3 Biotech**, v. 10, n. 3, p. 119, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-020-2104-y>. Acesso em: 12 fev. 2023.

MOSELA, M.; ANDRADE, G.; MASSUCATO, L.R.; ALMEIDA, S.R. de A.; NOGUEIRA, A.F.; LIMA FILHO, R. B.; ZEFFA, D. M.; MIAN, S.; HIGASHI, A. Y.; SHIMIZU, G. D.; TEIXEIRA, G. M.; BRANCO, K. S.; FARIA, M. V.; GIACOMIN, R. M.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, L.S.A. *Bacillus velezensis* cepa Ag75 como novo agente multifuncional para biocontrole, solubilização de fosfato e promoção de crescimento em culturas de milho e soja. **Relatórios Científicos**, v. 12, n. 1, p. 15284, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-19515-8>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MURGUSE, P.; SANTAMARIA, P.; LEONI, B.; CRECCHIO, C. Ameliorative effects of PGPB on yield, physiological parameters, and nutrient transporter genes expression in barattiere (*Cucumis melo* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, p.784-793, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-019-00165-1>. Acesso em: 16 set. 2023.

NEGI, Y. K.; SAJWAN, P.; UNIYAL, S.; MISHRA, A. C. Enhancement in yield and nutritive qualities of strawberry fruits by the application of organic manures and biofertilizers. **Scientia Horticulturae**, v. 283, p. 110038, 2021. Disponível em:



<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442382100145X>. Acesso em: 21 set. 2023.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; TÁVORA, F.J.A.F.; ALBUQUERQUE, M.B.; NASCIMENTO, H.H.C.; SANTOS, R.C. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R. C. dos; FREIRE, R.M.M.; LIMA, L.M. O agronegócio do amendoim no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2013, p. 71-113.

OLDROYD, G.E.D.; Speak, friend, and enter: signalling systems that promote beneficial symbiotic associations in plants. **Nature Reviews Microbiology**, v. 11, n. 4, p. 252-263, 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrmicro2990>. Acesso em: 02 fev. 2024.

OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, D.; BABRIKOVA, I. Interactions in soil-microbe-plant system: adaptation to stressed agriculture. **Microbial Interventions in Agriculture and Environment**, v. 1, p. 131-171, 2019. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-8391-5\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-8391-5_6). Acesso em: 2 fev. 2024.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; COTA, L. V.; MARIEL, I.E.; ALVES, V.M.C. GOMES, E. A.; SOUSA, S.M. de; SANTOS F. C. dos; SOUZA, F.F. de; LANDAU, E.C.; PINTO JUNIOR, A. S.; LANA, U. G. de P. **Validação da recomendação para o uso do inoculante BiomaPhos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) na cultura de soja**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 18p.

OMER, A. M.; OSMAN, M. S.; BADAWY, A. A. Inoculation with *Azospirillum brasilense* and/or *Pseudomonas geniculata* reinforces flax (*Linum usitatissimum*) growth by improving physiological activities under saline soil conditions. **Botanical Studies**, v. 63, n. 1, p. 15, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40529-022-00345-w>. Acesso em: 25 dez. 2023.

OWEN, D.; WILLIAMS, A.; GRIFFITH, G.; WITHERS, P. Use of commercial bioinoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 41-54, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139314002698>. Acesso em: 10 dez. 2023.

PEREIRA, N. C. M.; GALINDO, F. S.; GAZOLA, R. P. D.; DUPAS, E.; ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S.; FILHO, M. C. M. T. Corn yield and phosphorus use efficiency response to phosphorus rates associated with plant growth promoting bacteria. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, p. 40, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2020.00040/full>. Acesso em: 05 set. 2023.

PESSOA, L. G. M. S.; FREIRE, M. B. G.; FREIRE, F. J.; MENEZES, D. Crescimento de cebola irrigada com águas salinas em solos do semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 3, p. 527-534, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119024529024.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2023.

PINTO, L. A.; PINTO, A. A.; TAVARES, M. S.; CAMARA, F. T.; SILVA, L. F. V. Desenvolvimento de amendoim submetido a adubação fosfatada e potássica e diferentes

espaçamento entre plantas. **Colloquium Agrariae**, v 16., p. 40-49, 2020. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3318>. Acesso em: 15 set. 2023.

PRABHU, N.; BORKAR, S.; GARG, S. Phosphate solubilization by microorganisms: overview, mechanisms, applications and advances. **Advances in biological science research**, p. 161-176, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128174975000112>. Acesso em: 08 out. 2023.

PRADO, R. M. Nutrição de plantas. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2020. 416p.

PREETHAM, R.; KUMAR, K.; SRINIVAS, A.; RAO, A. M.; RAMPRAKASH, T. Nutrient management on the water productivity and profitability of hyacinth bean in baby corn (zea mays l.) - hyacinth bean (lablab purpureus var. Typicus) cropping system. **International journal of bio-resource and stress management**, v. 11, p. 225-231. Disponível em: <https://ojs.pphouse.org/index.php/IJBSM/article/view/4008>. Acesso em: 06 jan. 2024.

PURI, A.; PADDA, K. P.; CHANWAY, C. P. In vitro and in vivo analyses of plant-growth-promoting potential of bacteria naturally associated with spruce trees growing on nutrient-poor soils. **Applied Soil Ecology**, v. 149, p. 103538, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139319314829>. Acesso em: 28 out. 2023.

QURESHI, M. A.; AHMAD, Z. A.; AKHTAR, N.; IQBAL, A.; MUJEEB, F.; SHAKIR, M. A. Role of phosphate solubilizing bacteria (PSB) in enhancing P availability and promoting cotton growth. **J. Anim. Plant Sci**, v. 22, n. 1, p. 204-210, 2012. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123206443>. Acesso em: 07 nov. 2023.

RADHAKRISHNAN, R.; HASHEM, A.; ABD ALLAH, E. F. *Bacillus*: A biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 667, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2017.00667/full>. Acesso em: 02 nov. 2023.

RAJWAR, J.; CHANDRA, R.; SUYAL, D.C.; TOMER, S.; KUMAR, S.; GOEL, R. Comparative phosphate solubilizing efficiency of psychrotolerant *Pseudomonas jessenii* MP1 and *Acinetobacter* sp. ST02 against chickpea for sustainable hill agriculture. **Biologia**, v. 73, p. 793-802, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.2478/s11756-018-0089-3>. Acesso em: 09 dez. 2023.

RAWAT, P.; SHANKHDHAR, D.; SHANKHDHAR, S. C. PLANT growth-promoting rhizobacteria: A booster for ameliorating soil health and agriculture production. **Soil health**, p. 47-68, 2021. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-44364-1\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-44364-1_3). Acesso em: 05 out. 2023.

RENGEL, Z.; MARSCHNER, P. Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting genotypic differences. **New Phytologist**, v. 168, n. 2, p. 305-312, 2005. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8137.2005.01558.x>. Acesso em: 24 set. 2023.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. **Origem e classificação dos solos afetados por sais**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Ed.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 2, p. 09-15.

RIBEIRO, R. M. R.; SOUSA, G. G. DE; BARBOSA, A. S., LACERDA, C. F. DE; FREIRE, M. H. DA C.; MORAES, J. G. L. Irrigation strategies with saline water and phosphate fertilization in cowpea culture. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.17, p.2572, 2022b. Disponível em:  
<http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v17i3a2572>. Acesso em: 4 set. 2023.

RIZVI, A.; AHMED, B.; KHAN, M. S.; UMAR, S.; LEE, J. Sorghum-phosphate solubilizers interactions: crop nutrition, biotic stress alleviation, and yield optimization. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 746-780, 2021. Disponível em:  
<https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2021.746780/full>. Acesso em: 10 out. 2023.

RODRIGUES, V. D. S.; SOUSA, G. G. de; GOMES, S. P.; SOARES, S. D. C.; SILVA JUNIOR, F. B. D.; FREIRE, M. H. da C.; SANTOS, M. W. N.; LIMA, J. M. D. P. Trocas gasosas e crescimento de girassol submetido a estresse salino e adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 840-847, 2022. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/jscH58BPxw4XjXKmwrd5yWy/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 set. 2023.

ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; BONINI, P.; COLLA, G. Synergistic action of a microbial-based biostimulant and a plant derived-protein hydrolysate enhances lettuce tolerance to alkalinity and salinity. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 131, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.00131/full>. Acesso em: 02 mai. 2023.

SÁ, F. V. da S., MESQUITA, E. F. de; MELO, U. A. de; PAIVA, E. P. de; BERTINO, A. M. P., MOREIRA, R. C. L. Crescimento e biomassa em plantas de sorgo sacarino irrigados com água salina sob adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, p.2561-2569, 2018. Disponível em:  
[https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/826/pdf\\_466](https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/826/pdf_466). Acesso em: 01 set. 2023.

SALMAN, A.M.; AL-SHIBANI, J. A. K. Effect the Treatments of Biofertilizer and Mineral Fertilizer on C ontent of NPK of Soil Cultivated with Crop Corn (*Zea Mays* L). **Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences**, v. 9, n. 2, p. 247-256, 2019. Disponível em:  
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20203333794>. Acesso em: 12 jan. 2024.

SANTOS, R. C.; GODOY, I. J.; FÁVERO, A. P. **Melhoramento do amendoim e cultivares comerciais**. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. O agronegócio do amendoim no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 117-184.

SANTOS, S. de O.; SOUSA, G. G., VIANA, T. V. D. A., OLIVEIRA, G. dos S., Goes, G. F., Silva, A. O.; Nogueira, R. D. S. *Bacillus* sp., fertilization forms, and salt stress on soybean

production1. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 28, n. 4, p. e279072, 2024. Disponível em: v28n04a02.pdf (agriambi.com.br). Acesso em: 10 fev. 2024.

SAPRE, S.; GONTIA-MISHRA, I.T.I.; TIWARI, S. Klebsiella sp. confers enhanced tolerance to salinity and plant growth promotion in oat seedlings (*Avena sativa*). **Microbiological Research**, v. 206, p. 25-32, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501317307401>. Acesso em: 12 dez. 2023.

SCHUELER, T. A.; DOURADO, M. L.; RIZZO, A. C. L. **Processos biotecnológicos para a solubilização de rochas fosfáticas: o estado da arte**. Rio de Janeiro: Cetem, 2019. 45p. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2287/1/STM-102.pdf>. 25 set. 2023.

SHILEV, S. Plant-growth-promoting bacteria mitigating soil salinity stress in plants. **Applied Sciences**, v. 10, n. 20, p. 7326, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/20/7326>. Acesso em: 22 set. 2023.

SHILEV, S.; SANCHO, E. D.; BENLLOCH-GONZÁLEZ, M. Rhizospheric bacteria alleviate salt-produced stress in sunflower. **Journal of Environmental Management**, v. 95, p. 37-41, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030147971000215X>. Acesso em: 28 out. 2023.

SILVA, E. B. da; VIANA, T. V. de A.; SOUSA, G. G. de; SOUSA, J. T. M. de; SANTOS, M. F. dos; AZEVEDO, B. M. d.; Growth and nutrition of peanut crop subjected to saline stress and organomineral fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, p.495-501, 2022. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v17i3a2572>. Acesso em: 14 set. 2023.

SILVA, E. DE B.; FERREIRA, E. A.; PEREIRA, G. A. M.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA, A. J. M. Absorção de nutrientes e crescimento de plantas de amendoim. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 653-661, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/5784>. Acesso em: 22 ago. 2023.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C.A.V de. O Assistat Software Versão 7.7 e seu uso na análise de dados experimentais. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, F.L.D.; VIANA, T.V.D.A.; SOUSA, G.G.; COSTA, S.C.; AZEVEDO, B.M.D. Yield of common fig fertigated with bovine biofertilizer in the semiarid region of ceará. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 425 – 434, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/9PCSjdFzt8SC3FhtLj648xK/?lang=en>. Acesso em: 22 set. 2023.

SILVA, S. S. da; LIMA, G. S. de; LIMA, V. L. A. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; LUCENA, R. C. M. Gas exchanges and production of watermelon plant under salinity management and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.49, p.1-10, 2019.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/Jd6MQJ63HBhSnBtCbr9fV4s/?lang=en>. Acesso em: 14 fev. 2024.

SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M. D.; OLIVEIRA, J. R.; MESQUITA, T. D. O.; VIANA, T. V. D. A. Adubação potássica aplicada por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1055-1060, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/NmvGb7b8twCBGwyPxykTf7w/>. Acesso em: 11 mai. 2023.

SOUSA, G. G. de; RODRIGUES, V. dos S.; SOARES, S. da C.; DAMASCENO, Í. N.; FIUSA, J. N.; Saraiva, S. E. Irrigation with saline water in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in a soil with bovine biofertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, p.604-609, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/CNZ8jNLPWT3XY8Hbp399pqv/?lang=en>. Acesso em: 21 set. 2023.

SOUSA, G. G.; SOUSA, H. C.; SANTOS, M. F.; LESSA, C. I. N.; GOMES, S. P. Água salina e adubação nitrogenada na composição foliar e produtividade do milho. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 1, p. 191-198, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/mQHL98Cmz6ktqh4MhS5VQQP/?lang=en>. Acesso em: 07 jan. 2024.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G.; LESSA, C. I. N.; LIMA, A. F. da S.; RIBEIRO, R. M. R.; RODRIGUES, F. H. da C. Growth and gas exchange of corn under salt stress and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, p.174-181, 2021a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/NcZZRzLkgLmjhQD4r6wKjtK/?lang=en>. Acesso em: 15 set. 2023.

SOUSA, J. T. M. de; SOUSA, G. G., SILVA, E. B. da; VIANA, T. V. de ARAÚJO.; FREIRE, M. H. da C.; Simplício, A. Á. F. Desempenho agrônômico de genótipos de amendoim sob estresse salino e diferentes formas de adubação. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, v. 16, n. 2, p. 1-17, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/9707>. Acesso em: 28 dez. 2023.

SOUSA, J. T. M. de; SOUSA, G. G.; SILVA, E. B. da; SILVA JUNIOR, F. B. da; VIANA, T. V. de A. Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizers. **Revista Caatinga**, v.34, p.682-691, 2021b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/SZQZBQXCyZT8h3MtZGSLjkQ/?lang=en>. Acesso em: 20 set. 2023.

SOUZA, F. E. C. de; SOUSA, G. G. de; SOUZA, M. V. P. de; FREIRE, M. H. da C.; LUZ, L. N. da; SILVA, F. D. B. da. Produtividade de diferentes genótipos de amendoim submetidos a diferentes formas de adubação. **Nativa**, v. 7, n. 4, p. 383–388, 2019a. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/6683>. Acesso em: 22 fev. 2024.

SOUZA, M. V. P.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. da S.; FREIRE, M. H. da C.; SILVA, G. L.; VIANA, T. V. de A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima

bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, p.1-8, 2019b. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v14i3a5672>. Acesso em: 7 set. 2023.

SUÁREZ, C.; CARDINALE, M.; RATERING, S.; STEFFENS, D.; JUNG, S.; MONTOYA, A. M. Z.; SCHNELL, S. Plant growth-promoting effects of *Hartmanniella* diazotrophicus on summer barley (*Hordeum vulgare* L.) under salt stress. **Applied Soil Ecology**, v. 95, p. 23-30, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139315300032>. Acesso em: 25 mar. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 888 p.

TANVEER, M., SHAHZAD, B., SHARMA, A. KHAN, E.A. “24-Epibrassinolide application in plants: An implication for improving drought stress tolerance in plants”. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 135, p. 295-303, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.013>. Acesso em: 12 jan. 2024.

TASSO JUNIOR, L.C.; MARQUES, M.O.; NOGUEIRA, G.A. **A Cultura do Amendoim**. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 220 p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2017. 574 p.

TRUȘCĂ, M.; GÂDEA, Ș.; VIDICAN, R.; STOIAN, V.; VÂTCĂ, A.; BALINT, C.; VÂTCĂ, S. Exploring the Research Challenges and Perspectives in Ecophysiology of Plants Affected by Salinity Stress. **Agriculture**, v. 13, n. 3, p. 734, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/3/734>. Acesso em: 14 set. 2023.

UPADHYAY, S. K.; SAXENA, A. K.; SINGH, J. S.; SINGH, D. P. Impact of native st-pgpr (*Bacillus pumilus*; eu927414) on pgp traits, antioxidants activities, wheat plant growth and yield under salinity. **Climate change and environmental sustainability**, v. 7, n. 2, p. 157-168, 2019. Disponível em: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:cces&volume=7&issue=2&article=006>. Acesso em: 27 out. 2024.

VALLE-ROMERO, P.; GARCIA-LÓPEZ, J. V.; REDONDO-GÓMEZ, S.; FLORES-DUARTE, N. J.; RODRIGUEZ-LLORENTE, I. D.; IDASZKIN, Y. L.; PAJUELO, E.; Mateos-Naranjo, E. Biofertilization with PGP bacteria improve strawberry plant performance under sub-optimum phosphorus fertilization. **Agronomy**, v.13, p.335-348, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/2/335>. Acesso em: 06 set. 2023.

VASCONCELOS, F. M. T.; VASCONCELOS, R. A.; LUZ, L. N.; CABRAL, N. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos eretos de amendoim cultivados nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1375-1380, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/SVQW7rzgq6pZScNRp4jsRP9y/>. Acesso em: 4 abr. 2023.

VERAS, M. L. M.; MELO FILHO, J. S. de; ALVES, L. de SOUSA.; SOUZA, L. D. M. C.; DIAS, T. J. Morphophysiological responses of cowpea to irrigation with saline water and application of bovine biofertilizer. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 3, p. 509-518, 2018. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/2087>. Acesso em: 18 jan. 2024.

WANG, Y. Y.; LI, P. S.; ZHANG, B. X.; WANG, Y. P.; MENG, J.; GAO, Y. F.; HU, X. M. Identification of phosphate-solubilizing microorganisms and determination of their phosphate-solubilizing activity and growth-promoting capability. **BioResources**, v. 15, n. 2, p. 2560-2578, 2020. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/f0f56ed26b42591a0582e9a4a8bcb8a9/1?pq-origsite=gscholar&cbl=5038271>. Acesso em: 12 abr. 2023.

XIAO, Y.; MA.; C.; LI, M.; ZHANGZHONG, L.; SONG, P.; LI, Y. Interaction and adaptation of phosphorus fertilizer and calcium ion in drip irrigation systems: the perspective of emitter clogging. **Agricultural Water Management**, v. 282, p. 108269, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423001348>. Acesso em: 17 dez. 2023.

YANG, F.; ANTONIETTI, M. The sleeping giant: a polymer view on humic Matter in synthesis and applications. **Progress in polymer science**, v. 100, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079670019301881?via%3Dihub>. Acesso em: 24 jun. 2023.

ZAFAR, S.; ASHRAF, M.Y.; SALEEM, M. Shift in physiological and biochemical processes in wheat supplied with zinc and potassium under saline condition. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, p.19-28, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904167.2017.1380825>. Acesso em: 11 set. 2023.

ZHAO, CHENXU.; GHAZALA, NAWAZ.; CAO, QINGHE.; TAO, XU. Melatonin is a potential target for improving horticultural crop resistance to abiotic stress. **Scientia Horticulturae**, v. 291, p. 110560, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821006671>. Acesso em: 28 maio 2023.

ZHU, Q.; ZHOU, J.; SUN, M.; LI, H.; HAN, Y.; LV, J.; LI, Y.; ZHANG, X.; GEORGE, T. S.; LIU, W.; WANG, Z.; SUN, Y. A newly isolated *Bacillus megaterium* OQ560352 promotes maize growth in saline soils by altering rhizosphere microbial communities and organic phosphorus utilization. **Rhizosphere**, v. 27, p. 100746, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S245221982300085X?via%3Dihub>. Acesso em: 11 dez. 2023.