



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Wanderson de Barros

**Estado nutricional do Sorgo cv. Sudão e atributos do solo sob aplicação de
atenuantes do estresse salino no semiárido de Pernambuco**

Serra Talhada
2023

Wanderson de Barros

**Estado nutricional do Sorgo cv. Sudão e atributos do solo sob aplicação de
atenuantes do estresse salino no semiárido de Pernambuco**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade
Acadêmica de Serra Talhada, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador(a):
Prof. Dr. **LUIZ GUILHERME MEDEIROS PESSOA**

**Serra Talhada
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D278e

De Barros , Wanderson

Estado nutricional do Sorgo cv. Sudão e atributos do solo sob aplicação de atenuantes do estresse salino no semiárido de Pernambuco / Wanderson De Barros . - 2023.
40 f. : il.

Orientador: LUIZ GUILHERME MEDEIROS PESSOA.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, 2023.

1. Solos. 2. Salinização . 3. semiárido . 4. atenuadores. 5. sorgo . I. PESSOA, LUIZ GUILHERME MEDEIROS, orient. II. Título

CDD 630

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA

Wanderson de Barros

**Estado nutricional do Sorgo cv. Sudão e atributos do solo sob aplicação de
atenuantes do estresse salino no semiárido de Pernambuco**

Monografia apresentada e aprovada em: 27/04/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa
Orientador / UFRPE

Prof. Dr. Josimar Bento Simplicio
UFRPE

Prof.^a Dra. Emanuelle Silva
UFRPE

**Serra Talhada
2023**

DEDICATÓRIA

Com fé e gratidão dedico este trabalho a Deus, minha mãe, Eliane Luzinete de Barros, minha avó, Maria Luzinete de Barros, minhas fontes de força, sabedoria e inspiração. E a meus irmãos, Emerson Costa de Barros e Matheus Costa de Barros por me apoiarem sempre durante toda a jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À Deus, por sempre me acompanhar em todas as jornadas e ver a promessa dele se cumprindo, por segurar a minha mão e me tornar uma pessoa melhor a cada dia.

Minha mãe, Eliane Luzinete de Barros, minha avó, Maria Luzinete de Barros e minha tia, Elisângela Cristina de Barros por toda educação e empenho para que este dia chegasse.

Meu Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa, sou muito grato por toda orientação e dedicação do seu tempo para que este trabalho pudesse ser realizado.

Meus irmãos, Emerson Costa de Barros e Matheus Costa de Barros, obrigado por sempre estarem comigo, acreditarem no meu potencial e me usarem como referência. Essa conquista também é de vocês.

Minha namorada, Bárbara Leticia Cabral Cavalcante, por toda paciência, motivação e contribuição para a conclusão dessa etapa.

Meus amigos, Gabriel Novaes, Maria Jaiane, Orlando Nunes, João Vitor, Jasiel Lucas, João Pedro Jacobsen, Júlio Teles, Alisson Marcos, Aluzinete Omena, Alexsandro Alves e João Antônio por contribuírem direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Ao Núcleo de pesquisa em solos do semiárido – NUPSSE por terem me acolhido nessa reta final de curso contribuindo significativamente com minha formação.

Meus primos, Breno Gustavo, Vitória, João Vitor, Arthur, Enzo, Ana Beatriz e Marina, sei que vocês me têm como referência, espero que um dia chegue a vez de todos e estarei aqui para apoiar e ajudar de todas as maneiras possíveis.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e Unidade Acadêmica de Serra Talhada, pela oportunidade, acolhimento e muita sabedoria.

EPÍGRAFE

“A verdadeira coragem é ir atrás de seus sonhos, mesmo quando todos dizem que eles são impossíveis”.

Cora Coralina.

RESUMO

Estado nutricional do Sorgo cv. Sudão e atributos do solo sob aplicação de atenuantes do estresse salino no semiárido de Pernambuco

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), cv. Sudão é uma cultura em ascensão com diversos benefícios quanto a nutrição e adaptabilidade em condições de temperaturas elevadas, déficit hídrico e estresse salino. Em regiões semiáridas onde o solo apresenta diversos fatores limitantes como a salinidade, a cultura é capaz de obter pleno desenvolvimento. Desta forma, se faz necessário desenvolver mais pesquisas que otimizem o desenvolvimento do sorgo em regiões do semiárido. Neste trabalho, objetivou-se avaliar se o uso do Trichoderma (T) e a matéria orgânica (MO) potencializam a atuação do silício (Si) como atenuante ao estresse salino. A pesquisa foi conduzida em campo na Estação de Agricultura Irrigada de Parnamirim, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, onde os tratamentos adotados foram: sorgo controle; Silício (Si); Silício + Matéria orgânica (Si + MO); Silício + Trichoderma (Si + T) e Silício + Trichoderma + Matéria orgânica (Si + T + MO). As variáveis avaliadas foram os elementos solúveis e trocáveis presentes no solo e na planta. Para o espaçamento foi utilizado 0,50 m entre fileiras e 10 plantas por metro linear, com dimensões de 330 m² para área total, sendo 16 m² por parcelas, e 4 m² para as parcelas úteis para o experimento. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade, análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Onde foram observados que os tratamentos com silício combinado com matéria orgânica e Trichoderma foram significativos para atenuar os efeitos da salinidade no solo contribuindo com melhores condições para o desenvolvimento do sorgo cv. Sudão.

Palavras-chave: Agricultura bioassalina, salinização, forragem

ABSTRACT

Nutritional status of sorghum cv. Sudan and soil attributes under application of saline stress attenuator in the semi-arid region of Pernambuco

The sorghum cv. Sudan is a crop on the rise with many benefits in terms of nutrition and adaptability in conditions of high temperatures, water deficit and saline stress. In semi-arid regions where the soil has several limiting factors such as salinity, the crop is capable of achieving full development. In this way, it is necessary to develop more research that optimize the development of sorghum in semi-arid regions. The objective of this work was to evaluate whether the use of Trichoderma (T) and organic matter (OM) potentiate the action of silicon (Si) as an attenuator of saline stress. The research was conducted in the field at the Irrigated Agriculture Station of Parnamirim, belonging to the Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE. The adopted experimental design was in randomized blocks, where the adopted treatments were: control sorghum; Silicon (Si); Silicon + Organic Matter (Si + MO); Silicon + Trichoderma (Si + T) and Silicon + Trichoderma + Organic matter (Si + T + MO). The evaluated variables were the soluble and exchangeable elements present in the soil and in the plant. For spacing, 0.50 m between rows and 10 plants per linear meter were used, with dimensions of 330 m² for the total area, 16 m² per plot, and 4 m² for plots useful for the experiment. The data obtained were subjected to normality tests, analysis of variance and means compared by Tukey's test, at a 5% probability level. Where it was observed that the treatments with silicon combined with organic matter and Trichoderma were significant in attenuating the effects of salinity in the soil, contributing to better conditions for the development of sorghum cv.

Sudan. Keywords: biosaline agriculture, salinization, fodder

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do campo experimental em Parnamirim, sertão central do estado de Pernambuco.....	22
Figura 2 - Sistema de irrigação por gotejamento da área experimental em Parnamirim	23
Figura 3 - Condições meteorológicas em Parnamirim – PE durante o período experimental.....	24
Figura 4 - Aplicação do <i>Trichoderma harzianum</i> seguindo a linha de plantio.....	25
Figura 5 - Aplicação da matéria orgânica composta por esterco caprino.....	25
Figura 6 - Amostra da matéria seca do colmo após pesagem.....	26
Figura 7 - Amostras em tubo de ensaio submetidas à extração por incubação.....	27
Figura 8 - Aplicação da solução de acetato de amônia (1 mol L^{-1}) em pH 7,00.....	27
Figura 9 - Fotometria de emissão de chama.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades químicas do solo da área experimental. Serra Talhada – PE.....	26
Tabela 2 - Propriedades químicas da água utilizada na irrigação.....	27
Tabela 3 - Análise do esterco caprino utilizado como fonte de matéria orgânica neste experimento.....	28
Tabela 4 - Comportamento dos atributos do solo nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm em resposta a aplicação de atenuantes do estresse salino.....	33
Tabela 5 - Conteúdo dos elementos nas frações e parte aérea do sorgo em função dos atenuantes do estresse salino.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Importância da cultura do sorgo sudão	14
2.2	Uso de águas salinas na agricultura irrigada	16
2.3	importância do silício na mitigação do estresse salino	17
2.5	importância do <i>Trichoderma</i> na mitigação do estresse salino	19
3	OBJETIVOS	21
3.1	Objetivo geral	21
3.2	Objetivo específicos	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	Descrição da área experimental.....	21
4.2	Delineamento experimental e tratamentos	22
4.3	OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	24
4.4	ANÁLISE DOS ELEMENTOS QUÍMICOS NA PLANTA E NO SOLO	25
4.4.1.	Avaliações químicas na planta	25
4.4.2	Avaliações químicas no solo.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO	33
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

Considerada um desafio para a produção agrícola com efeitos negativos diversos, a salinidade influencia diretamente no desenvolvimento das plantas e sua produção, através do efeito osmótico, sodicidade do solo e toxicidade, o que pode gerar insegurança alimentar de diversas famílias em situações de vulnerabilidade ocasionada pela falta de água de boa qualidade. No semiárido, região onde há escassez hídrica, as fontes de água disponíveis é uma das principais causas da salinização dos solos, por serem águas de má qualidade. Mas, desde que bem manejada essas águas podem ser utilizadas de forma positiva (NEGACZ et. al., 2022).

A área global de solos salinos abrange cerca de 424 milhões de hectares nas camadas de (0-30 cm) e 833 milhões de hectares no subsolo, nas camadas de (30-100 cm), sendo correspondente a 73% das terras mapeadas (FAO, 2021). Aproximadamente 20% das terras irrigadas já se caracterizam salinizadas (SHRIVASTAVA; KUMAR, 2015). O processo de salinização se deve principalmente as condições edafoclimáticas (AKÇA, 2020), porém, o uso inadequado dos sistemas de irrigação em áreas de cultivo, ausência de sistemas de drenagem e manejo de solo ineficientes contribuem para que a salinização seja o segundo maior fator de degradação do solo (ZAMAN et al., 2018), contribuindo com o aumento da salinização a uma taxa de 10% ao ano (MACHADO; SERRALHEIRO, 2017).

Entre os diversos efeitos da salinidade do solo, podemos citar a redução do potencial osmótico, disponibilizando menos água para as plantas, além de promover a dispersão de argilas, reduzindo o volume de poros e conseqüentemente dificultando o desenvolvimento radicular, evapotranspiração, como também, infiltração de água, perdendo por escoamento superficial (SILVA et al., 2018), afetando também a microbiota do solo, modificando a fertilidade através da ciclagem de nutrientes e mineralização da matéria orgânica (SOUZA et al., 2017).

Desta forma, a agricultura bioessalina surge como uma alternativa viável para a escassez hídrica da região, sendo fundamentada no uso de plantas, solos e águas afetados por sais, em diferentes faixas de salinidade, se tornando necessária nos dias atuais possibilitando o cultivo em áreas degradadas e com teores elevados de salinidade seja no solo ou na água (AYYAM et al., 2019).

O sorgo cv. Sudão é uma planta utilizada na agricultura bioassalada, sendo herbácea com aptidão forrageira, possui ciclo precoce e pode ser utilizada para pastejo como para a produção de feno (TABOSA, 2021). É uma planta de metabolismo C4, possuindo alta capacidade fotossintética e adaptabilidade em regiões mais secas de temperaturas elevadas e salinas, podendo se desenvolver em diversos tipos de solos, apresentando pouca exigência nutricional (MANARELLI et al., 2019), que vem ganhando maior espaço nos cultivos em regiões áridas e semiáridas no mundo (PRASAD et al., 2020), sendo considerado uma espécie forrageira halófila por possuir diversos mecanismos fisiológicos capazes de tolerar elevados níveis de sais no solo (EL SHAER, 2010).

O uso de atenuadores de estresse vem sendo estudado para possibilitar o cultivo de plantas sensíveis ao estresse salino e potencializar o desenvolvimento de plantas tolerantes como o sorgo, além de recuperar áreas degradadas e enriquecer o solo quimicamente a longo prazo, proporcionando novas áreas de cultivo. Porém, os atenuadores podem proporcionar respostas diversificadas, a depender da cultura implantada, tipo de solo e qualidade da água de irrigação (HUANG, 2018; KALOTERAKIS et al., 2021; ZHANG et al., 2021), que podem influenciar diretamente na disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, inibindo o crescimento e reduzindo a produção das culturas (PESSOA et al., 2019).

A escolha de atenuadores que proporcionem uma melhora nos atributos do solo vai proporcionar que o sorgo expresse o seu maior potencial de desenvolvimento mesmo em condições de solos e águas salinos. Pesquisas que viabilizem o uso de águas subterrâneas no semiárido é de grande importância para a agricultura e pecuária, portanto o objetivo deste trabalho foi investigar se o Trichoderma e a matéria orgânica potencializam a ação do silício como atenuante ao estresse salino proporcionando melhores condições para o desenvolvimento do Sorgo cv. Sudão no Sertão Pernambucano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura do sorgo sudão

O sorgo sudão é uma planta de importância econômica e social para os diversos sistemas produtivos do Brasil. É considerado o quinto cereal mais cultivado no mundo,

devido a sua aptidão para produção de grãos e forragem em situações de déficit hídrico (MENEZES, 2021). O sorgo Sudão é um híbrido de natureza herbácea que apresenta baixos teor de HCN (ácido cianídrico), com desenvolvimento de ciclo precoce e uma alta aptidão para feno e pastejo (UFRPE, 2020).

No social, o uso de plantas forrageiras que se adaptem as condições edafoclimáticas do semiárido, com solos agricultáveis limitados, além de uma condutividade elétrica elevada tanto no solo como na água, tem sido a alternativa de muitas famílias no sertão. O sorgo vem sendo utilizado para alimentação animal de caprinos e ovinos (TOSTA et al., 2021), proporcionando condições de criação para o produtor, devido a sua alta capacidade produtiva em comparação ao milho, mesmo em condições de estresses abióticos ocasionados pelo déficit hídrico, temperaturas altas e salinidade (GUIMARÃES et al., 2016), o sorgo demonstrou alta capacidade de adaptação as problemáticas encontradas no semiárido.

Essas espécies que se adaptam as condições adversas impostas pelo bioma Caatinga, tem apresentado resultados positivos em relação a produção em ambiente de seca (LIMA, 2020), possibilitando sua produção economicamente, além de se tornar uma alternativa lucrativa viável para pequenos agricultores (GUEDES, 2021). Desta forma, podendo ser explorado para a ração animal, na forma de grãos ou também de biomassa. Apresenta-se como uma cultura resiliente, sendo tolerante a períodos de estiagem, onde as precipitações são insuficientes, tornando-se a principal fonte de renda familiar e emprego de algumas regiões, proporcionando a criação de animais que garantem a renda e alimentação de muitas famílias que vivem da agricultura familiar (CONAB, 2022).

É uma excelente cultura com finalidade de duplo propósito para áreas onde a oferta por água é limitada, sendo tolerante a períodos de seca, conferindo-lhe uma característica singular para regiões de baixas precipitações, sendo importante no ajuste às variações climáticas, pressões abióticas como recursos hídricos insuficientes, excesso de sais, tolerância a altas temperaturas e no consumo de nutrientes (DESHPANDE, 2016). Com o emprego da água salina nos sistemas de irrigação, a salinidade pode ocasionar diversos impactos no rendimento dos cultivos (TANG, 2018), sendo minimizada pela cultura do sorgo que tolera o estresse salino e o déficit hídrico (ANAMI, 2015).

2.2 Uso de águas salinas na agricultura irrigada

A maior demanda por água vem da irrigação devido a necessidade de produção do setor agrícola. Esse consumo corresponde a mais de 70%, seguido por 21% da indústria e 6% destinado ao consumo doméstico. Diante dos números apresentados fica clara a desigualdade social enfrentada pelo acesso a água (SETESB, 2022). No Brasil, a escassez de água é notória, principalmente na região semiárida do Nordeste que corresponde a 58% do território. Nessa região, a água utilizada para irrigação possui teores elevados de sais, sejam em águas superficiais, como também subterrâneas, como os poços artesianos (CARVALHO, 2020).

A região do semiárido pernambucano é caracterizada por uma baixa pluviosidade e limitações nos períodos de seca, conseqüentemente menor capacidade de áreas produtivas, inviabilizando o desenvolvimento da agricultura e afetando a economia (CARVALHO, 2020). O uso excessivo da irrigação sem planejamento e sistemas de drenagem tem contribuído para os processos de salinização da água e do solo (PEREIRA; CUELLAR, 2015). Com precipitações cada vez mais irregulares e uma demanda que cresce diariamente de acordo com a população (CARVALHO, 2020), o uso de águas subterrâneas se tornou uma alternativa viável em todo o mundo, assumindo um papel importante no suprimento de água, principalmente para pequenas localidades que desenvolvem a agricultura familiar no sertão, possibilitando a permanência e manutenção dessas pessoas na sua comunidade onde a água é elemento essencial para a segurança alimentar e realização das práticas agrícolas (SOUZA et al., 2014).

Entretanto, a água subterrânea apresenta alguns inconvenientes relacionados a sua qualidade que afetam diretamente os sistemas de plantio e os sistemas de irrigação, principalmente o gotejamento. Em regiões com baixa disponibilidade hídrica o uso de águas salinas surge como única alternativa para muitos agricultores, se tornando cada vez mais usual devido à escassez de água de boa qualidade, tornando-se fonte de estudo para muitos pesquisadores que buscam amenizar a necessidade hídrica utilizando águas de qualidade inferior de acordo com as recomendações agronômicas possibilitando maior produtividade em condições de agricultura bioassalada (COSTA et al., 2012).

Atualmente, estudos têm mostrado que é possível obter bons desempenhos utilizando água com condutividade elétrica (CE) de até 11 dS m⁻¹ (EMBRAPA, 2019), sendo de total importância para o aproveitamento dos recursos hídricos, principalmente

em períodos de seca, proporcionando aos pequenos produtores da agricultura familiar segurança na garantia dos recursos para o desenvolvimento e geração de emprego e renda no semiárido brasileiro, onde as condições climáticas definem períodos de estiagens mais frequentes (MARENGO, 2008; AMBRIZZI; ARAÚJO, 2014), sendo necessário uma maior demanda hídrica para atender a necessidade da região.

Desta forma, a oferta por água de boa qualidade é escassa, a otimização dos sistemas de irrigação permite o uso em cultivos biossalinos sendo de fundamental importância (COSTA;MEDEIROS, 2017), visando inserir o uso de águas salinas na produção de culturas tolerantes, bem como, amenizando os efeitos de seca prolongada nas regiões de semiárido, utilizando a irrigação de forma eficiente a fim de controlar a salinidade e possibilitar ao produtor o cultivo e aumento da produção através dos recursos hídricos de forma sustentável (SILVA et al., 2014). Na região do semiárido Nordeste uma das principais atividades do pequeno agricultor é a caprinovinocultura setor de destaque que é totalmente dependente da oferta de alimento de qualidade que é adquirido através dos sistemas de irrigação na produção de forragem (SILVA et al., 2014).

2.3 importância do silício na mitigação do estresse salino

O silício é o segundo elemento químico mais abundante da terra, com concentrações que podem chegar a 30%, pode ser encontrado naturalmente nos solos, na tabela periódica, possui número atômico 14, massa atômica 28,09 u. Tem propriedades intermediárias entre o carbono e o germânio, sendo difícil de moldar, diferente dos metais. Apresenta uma coloração cinza escuro e baixa densidade (PEIXOTO, 2021; BAKHAT et al., 2018). Na literatura existem diversidades de informações e contradições sobre o silício, para alguns autores, o elemento apresenta características importantes sendo essencial enquanto nutriente, para outros é considerado apenas benéfico. Porém, estudos tem evidenciado que o silício tem proporcionado benefícios no crescimento de algumas espécies vegetais, entre elas o sorgo que vem sendo amplamente cultivado (CALERO HURTADO et al. 2020).

Existem diversas perspectivas com relação à aplicação do silício em variadas culturas, sendo uma alternativa sustentável para auxiliar os esforços físicos e bioquímicos para as plantas mesmo diante de fatores de estresse bióticos ou abióticos. A agricultura é uma atividade sujeita as adversidades edafoclimáticas que podem causar perdas econômicas para os produtores, sendo assim, o silício via adubação pode ser capaz de

amenizar esse cenário proporcionando o cultivo de espécies como o sorgo mesmo em ambiente onde as condições não são tão favoráveis (CASSEL, 2021). É considerado um metaloide e vem ganhando notoriedade entre os pesquisadores devido ao seu impacto no crescimento e desenvolvimento de plantas (GAUR et al., 2020).

O silício encontrado no solo em maior quantidade está disponível na forma de óxido de Silício (SiO_2), sendo predominantemente nas formas de quartzo, opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) e outras formas que não são disponíveis para as plantas (BARBOSA FILHO; PRABHU, 2000). Apesar de ser abundante nos solos, é necessário que este elemento esteja disponível para as plantas na forma de ácido silícico (GAUR et al., 2020). Porém, apesar de os solos terem quantidades significativas de silício, com cultivos sucessivos esse elemento pode ser reduzido, ocorrendo uma necessidade de sua reposição (VILELA, 2009).

Quando absorvido pelas plantas, ocorre precipitação de óxido de Silício, permitindo maior enrijecimento às plantas, ocorrendo principalmente nos terminais transpiracionais, ocorrendo também nos vasos do xilema e na endoderme das raízes (RAVEN, 1983), a precipitação está ligada ao aumento da resistência da parede celular, resistência das plantas a doenças e pragas, regulagem da evapotranspiração, economizando no consumo de água, aumento da rigidez estrutural, tornando-se mais resistente ao acamamento, além de proporcionar melhorias na arquitetura da planta, aumento na taxa fotossintética e tolerância a elementos tóxicos (VILELA, 2009). Além disso, plantas com deficiência de Silício evidenciam menor tolerância aos sais (EPSTEIN, 2001).

Uma das formas de amenizar os efeitos da salinidade nos vegetais tem sido à aplicação de silício como atenuador de diversos estresses abióticos, como a salinidade, seca, toxidez por alumínio, desequilíbrio nutricional, radiação e elevadas temperaturas. As espécies vegetais apresentam respostas diferentes quanto ao uso do silício, devido a existência de plantas acumuladoras deste elemento, como o sorgo. Alguns estudos com o uso do silício em condições de ambiente salino têm demonstrado resultados positivos desde a fase de germinação até o crescimento e produção de diversas culturas (MARSCHNER, 2012).

Diante disso, vários estudos comprovam os benefícios na utilização do silício como atenuador de efeitos de estresse bióticos e abióticos, promovendo melhores

condições de desenvolvimento e produção para as plantas. Tornando-se necessária a realização de mais pesquisas em torno da aplicação do silício na cultura do sorgo cultivado em sistema de irrigação com água salina a fim de otimizar a produção em propriedades onde a água é de qualidade inferior com teores elevados de sais, como também no solo, no semiárido nordestino.

2.5 importância do *Trichoderma* na mitigação do estresse salino

O *Trichoderma* é definido como um fungo, presente em todo o mundo, com alta diversidade genética e funcionalidades, possuindo mecanismos de ação como antibiose, microparasitismo e competição (MUKHERJEE et al., 2013), promove o crescimento de plantas, elimina o efeito de patógenos do solo e estimula a resistência. Porém, o seu potencial de eficiência é dependente dos fatores abióticos e bióticos do ambiente, como temperatura, umidade, pH do solo, disponibilidade de nutrientes, sendo eficiente em amenizar os efeitos ocasionados pelo estresse salino (HARMAN et al., 2004; WAGHUNDE et al., 2016; RUBIO et al., 2017; NIETO-JACOBO et al., 2017).

Pesquisadores têm comprovado que a utilização do *Trichoderma* em laboratório e em campo tem provocado redução dos sintomas causados pelo estresse salino nas plantas. Proporcionando melhor desenvolvimento, produtividade, parte aérea, clorofila, tamanho, número de flores e frutos, além de favorecer o crescimento das raízes primárias e secundárias (MENDOZA-MENDOZA et al., 2018), sendo uma alternativa viável para muitos agricultores tendo em vista que vários estudos apontam benefícios positivos para diversas culturas.

Quanto ao uso de *Trichoderma* spp. sob estresse salino em mudas de melancia, considerada moderadamente sensível à salinidade, verificou-se que a aplicação do *T. longibrachiatum* apresentou resultados significativos para o desenvolvimento das mudas em comparação com o *T. harzianum* (DINIZ, 2022). Em cultivo de bananeira *Musa* spp., o uso de trichoderma é importante agindo como promotor de crescimento para as plantas, possibilitando maior eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes (DA SILVA, 2022).

No Brasil, o *Trichoderma* spp. é um dos principais agentes de controle biológico, devido a sua ampla capacidade de adaptação as condições ambientais e a variabilidade e especificidade na promoção do desenvolvimento de plantas e no controle de patossistemas. O estresse salino prejudica o desenvolvimento de diversas culturas, porém

a utilização de espécies de *Trichoderma* spp. pode atenuar o referido estresse. Em contribuindo com estudos realizados com *Zea mays* (KUMARI et al., 2017) e *Oryza sativa* L. (DEBNATH et al., 2020), verificou-se que esses micro-organismos atuam melhorando o enraizamento, assim como o processo fotossintético, ou seja, inibindo o efeito deletério mais comum em condições de estresse salino. Na busca por interações de diversas práticas de manejo que possibilitem melhorar as condições salinas do solo e a água no sertão, para a cultura do sorgo, o *Trichoderma* pode ser uma excelente alternativa para otimizar a produção de forragem no semiárido. Atualmente, existem vários produtos bio-orgânicos comerciais no mercado e outros sendo desenvolvidos que merecem ser estudados quanto a sua eficácia na cultura do sorgo.

2.6 importância da matéria orgânica na mitigação do estresse salino

A matéria orgânica do solo (MOS) é resultado dos processos físicos, químicos e biológicos responsáveis pela degradação de diferentes espécies vegetais e animais existentes no solo possui um conjunto (CUNHA, 2015). Adicionada ao solo, além de favorecer a fertilidade, é uma fonte de cargas negativas. É responsável por diversos fatores que contribuem com a melhoria dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, como a retenção de água e liberação de nutrientes para a solução, principalmente N, P e S através do processo de mineralização. Diante disto, o uso de fontes orgânicas no semiárido tem possibilitado a recuperação de solos degradados, proporcionando melhorias na sua estrutura e porosidade, disponibilizando nutrientes que colaboram com o crescimento das plantas cultivadas sob estresse salino (DE ABRANTES, 2021).

Para sistemas agrícolas onde não existe adição de fertilizantes externos, a matéria orgânica do solo é a principal fonte de nutrientes utilizadas em pequenas propriedades agrícolas onde se praticam a agricultura de subsistência. Entre os benefícios da matéria orgânica utilizada em solos com baixo pH e fertilidade, podemos citar o aumento da CTC, disponibilidade de nutrientes, retenção de água umidade e estruturação dos agregados, tornando -se extremamente importante para o desenvolvimento das práticas agrícolas desta região (PRIMO, 2011). As interações químicas da matéria orgânica agem de forma positiva nos atributos físicos, aumentando a condutividade hidráulica e a capacidade de infiltração de água. Em solos salinos sódicos, a matéria orgânica pode promover maior ligação entre as partículas do solo, diminuindo a dispersão causada pelo sódio. (FREIRE, 2007; MIRANDA et al., 2011; PRIMO, 2011).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Investigar se o *Trichoderma* e a matéria orgânica potencializam a atuação do silício como atenuante ao estresse salino proporcionando melhores condições para o desenvolvimento do Sorgo cv. Sudão no Sertão Pernambucano

3.2 Objetivo específicos

Avaliar as concentrações de sódio e potássio no sorgo, cv. Sudão sob estresse salino em resposta a aplicação de atenuadores de salinidade;

Avaliar os atributos químicos do solo cultivado com sorgo, cv. Sudão sob estresse salino do sódio e cloreto em resposta a aplicação de atenuadores de salinidade;

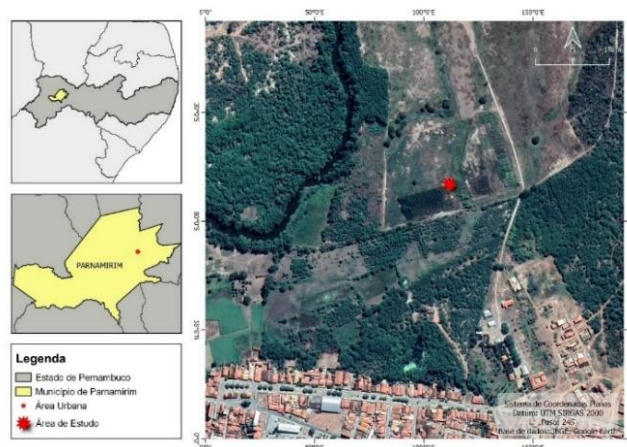
Avaliar qual o melhor tratamento para potencializar a ação do silício como atenuador do estresse salino.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido em campo nos períodos de 20 de setembro de 2021 a 12 de janeiro de 2022 com duração de 210 dias na Estação de Agricultura Irrigada de Parnamirim, pertencente Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Parnamirim, Pernambuco, Brasil (latitude 8° 5' 08'' S, longitude 39° 34' 27'' O e altitude de 390 m) conforme localização na Figura 1.

Figura 1 - Localização do campo experimental em Parnamirim, sertão central do estado de Pernambuco.



Fonte: o autor.

O clima da região é Semiárido do tipo BSw^h, quente e seco, com ocorrência de chuvas no verão e seca no inverno, conforme caracterização de Köppen. A precipitação média da região é de 431,8 mm, com chuvas concentradas entre os meses de dezembro a abril (SILVA, 2022). A temperatura média do município é de 26,0 °C. O solo da área é caracterizado como Neossolo Flúvico (Tabela 1) classificado como salino de acordo com a classificação de Richards (1954).

Tabela 1. Propriedades químicas do solo da área experimental.

Prof.	CE	pH	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	PST
cm	dS m ⁻¹	-	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³								(%)
0-10	3,56	6,05	25,08	28,40	0,51	0,30	9,06	5,29	0,00	0,96	15,14	16,10	1,86
10-20	6,21	6,09	19,35	19,73	0,34	0,37	8,54	5,40	0,00	0,89	14,65	15,54	2,38
20-40	7,22	6,16	18,00	14,83	0,24	0,52	8,79	5,21	0,00	0,76	14,93	15,69	3,31
40-60	5,77	6,32	11,75	9,75	0,14	0,82	9,98	5,53	0,00	0,60	16,48	17,08	4,80

Prof. – profundidade; CE – condutividade elétrica; pH – potencial hidrogeniônico; MO – matéria orgânica; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; PST – porcentagem de sódio trocável. Fósforo quantificado pelo método de extração P-Resina.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos: sorgo (controle); Sorgo + Silício (sorgo + Si); Sorgo + Silício + Matéria orgânica (sorgo + Si + MO); Sorgo + Silício + Trichoderma (sorgo + Si + T); e Sorgo + Silício + Trichoderma + Matéria orgânica (sorgo + Si + T + MO), com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Para o preparo de solo foi realizada uma gradagem. O semeio foi realizado em sulco com profundidade de aproximadamente 5 cm, com espaçamento adotado de 0,50 m entre fileiras, sendo realizado um desbaste deixando 10 plantas por metro linear. As dimensões do experimento foram de 20,0 m x 16,5 m sendo (330 m²) para área total, 4 x 4 m (16 m²) para as parcelas, e 2 x 2 m (4 m²) para as parcelas úteis.

A irrigação foi conduzida por meio de um sistema de irrigação por gotejamento com eficiência de 96% e uma vazão de 1,06 L h⁻¹, com emissores espaçados em 40 cm com um turno de rega de 48 horas (Figura 2).

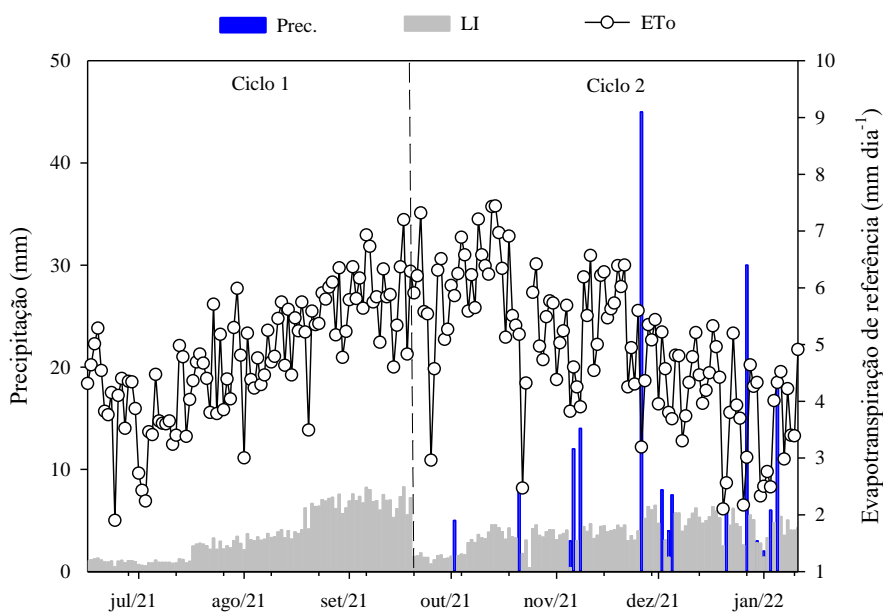
Figura 2 - Sistema de irrigação por gotejamento da área experimental em Parnamirim.



Fonte: o autor.

Utilizando como base a reposição total da evapotranspiração da cultura (ETc) (ALLEN et al., 1998). A Evapotranspiração de referência (ETo) foi determinada pelo modelo proposto por Penman-Monteith e adaptado pela FAO-56 (ALLEN et al., 1998). Os dados meteorológicos utilizados são de uma estação meteorológica automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), situada a 50 km da área experimental. Porém, os dados de precipitação foram coletados na área através de um pluviômetro manual.

Figura 3 - Condições meteorológicas em Parnamirim – PE durante o período experimental. Prec. – Precipitação pluviométrica (mm dia⁻¹); LI – Lâmina de irrigação (mm dia⁻¹); ETo – Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).



Fonte: DA SILVA, José Orlando Nunes.

A água para irrigação foi obtida através de um poço artesiano, onde as suas propriedades químicas são apresentadas na Tabela 2. Sendo classificada de acordo com Richards (1954) como uma água C₄S₁, com alto risco de promover a salinidade e baixo risco a sodificação.

Tabela 2. Propriedades químicas da água utilizada na irrigação.

pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ³⁻	SO ₄ ²⁻	B	Cu	Fe	Mn	Zn	RAS
-	mS cm ⁻¹	----- mmol _e L ⁻¹ -----				----- mg L ⁻¹ -----								mmol _e L ^{-0,5}
7,23	3,12	9,29		0,12	11,73	26,38	5,70	0,76	0,11	0,02	0,02	0,03	0,20	3,85

pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; RAS – razão de adsorção de sódio.

4.3 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

O *T. harzianum* foi obtido a partir de produto comercial Trichodermil SC I306. Onde foram realizadas duas aplicações via solo, sendo a primeira realizada durante o semeio e a segunda com intervalo de 30 dias após a primeira aplicação. A produção da calda foi de 250 mL para 20 L de acordo com a recomendação do fabricante. A aplicação foi realizada através do uso de uma bomba costal, sendo aplicados 39,06 mL de calda por metro linear, acompanhando a linha de plantio.

A fonte de silício utilizada neste trabalho foi o silicato de potássio, sendo aplicado duas vezes via solo, sendo a primeira aplicação feita após uma semana do semeio e a segunda após um intervalo de 15 dias. Além de duas aplicações foliares, 15 dias após as aplicações via solo e entre as aplicações foliares. As concentrações para produção das caldas foram 100 mL para 20 L e 200 mL para 20 L, ambas para aplicação via solo e foliar, respectivamente, de acordo com a recomendação do fabricante (Figura 4).

Figura 4 - Aplicação do *Trichoderma harzianum* seguindo a linha de plantio.



Fonte: o autor.

A matéria orgânica foi composta por esterco caprino, sendo aplicada durante o semeio na proporção de 50 Mg ha⁻¹ (Figura 5). O esterco foi curtido e incorporado ao solo nas camadas de 0-10 cm. Na tabela 3 é possível observar a composição química do esterco utilizado no experimento.

Figura 5 - Aplicação da matéria orgânica composta por esterco caprino.



Fonte: o autor.

Tabela 1. Análise do esterco caprino utilizado como fonte de matéria orgânica neste experimento.

Ds	C	N	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH	CE
kg/m ³	g/kg							-	mS/cm ⁻¹
815,80	119,70	17,90	8,70	4,50	1,10	27,70	10,20	7,87	1,87

Ds – densidade; C – carbono orgânico; N – nitrogênio, pH - potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica.

4.4 ANÁLISE DOS ELEMENTOS QUÍMICOS NA PLANTA E NO SOLO

4.4.1. Avaliações químicas na planta

As análises das concentrações de sódio (Na^+) e potássio (K^+) foram determinados a partir do uso de cinco plantas, utilizando -se a fotometria de emissão de chama conforme Rodrigues et al., (2013). Os elementos foram medidos no colmo, folha e panícula, que passaram por secagem em estufa a 65°C e em seguida triturados em moinho de facas tipo Willey em peneira de 2mm (Figura 6). Após a obtenção das amostras, ± 100 mg do material foi pesado em balança analítica ($\pm 0,0001$ mg) para obtenção de Na^+ e K^+ . O teor de cloreto (Cl^-) foi determinado conforme Ferreira-Silva et al., (2008). As amostras foram submetidas à extração por incubação por tubos de ensaio, contendo 20 mL de água ultrapura, logo após foram fervidos em banho maria com temperatura a 100°C por 1 h (Figura 7). Os extratos das amostras foram filtrados e utilizados para as leituras de Na^+ e K^+ em fotômetro de chama e Cl^- por titulação. Os teores de Na^+ e K^+ deram-se estimados de acordo com a curva padrão (0 a $1000\ \mu\text{M}$) de NaCl e KCl , onde os resultados foram em g kg^{-1} MS.

Figura 6 - Amostra da matéria seca do colmo após pesagem



Fonte: o autor.

Figura 7 - Amostras em tubo de ensaio submetidas à extração por incubação.



Fonte: o autor.

4.4.2 Avaliações químicas no solo

As avaliações dos teores de sódio (Na^+), potássio (K^+), cloro (Cl^-) solúvel e trocável foram realizadas da seguinte forma: Para a leitura dos elementos químicos trocáveis foi realizada a pré-lavagem das amostras de solo, a fim de lavar os sais. Os cátions foram extraídos com solução de acetato de amônio (1 mol L^{-1}) em pH 7,00. O pH foi determinado a partir de leitura direta com potenciômetro. Para a leitura dos elementos químicos solúveis utilizada a solução do solo obtida através do extrato de pasta saturada, sendo adicionado água destilada em aproximadamente 500g de solo passado em peneira de malha de 2 mm. Para a determinação de sódio (Na^+) e potássio (K^+) solúvel e trocável foi utilizado fotometria de emissão de chama, além da determinação da condutividade elétrica conforme Richards (1954) (Figuras 8 e 9).

Figura 8 - Aplicação da solução de acetato de amônio (1 mol L^{-1}) em pH 7,00.



Fonte: o autor.

Figura 9 - Fotometria de emissão de chama.



Fonte: o autor.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, normalidade e teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Rstudio (R Core Team, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o comportamento dos atributos do solo cultivado com sorgo em ambiente salino, foram observados que houve um aumento da condutividade elétrica em todas as camadas do solo. Durante o segundo ciclo, onde foi realizado o segundo corte foi observado que o tratamento controle apresentou maiores médias para condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação comparadas aos demais tratamentos. Porém nas camadas do solo de 10 – 20 cm no primeiro e segundo ciclo foram significativos para todos os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Atributos químicos do solo nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm em resposta a aplicação de atenuantes do estresse salino.

Atenuantes	Camada 0-10 cm		Camada 10-20 cm		Camada 20-40 cm		Camada 40-60 cm	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)								
Controle	7,08	8,01 a	6,53 a	6,20 a	4,44	8,17 a	5,22	11,31 a
Si	4,96	3,49 c	6,39 a	4,13 b	5,69	5,94 b	5,29	5,91 b
Si + MO	8,55	5,70 b	6,98 a	5,76 a	4,86	6,78 b	6,76	8,02 b
Si + T	7,69	5,86 b	4,77 b	6,63 a	4,27	6,97 b	4,58	7,12 b
Si + T + MO	7,94	4,83 b	5,84 a	5,70 a	5,33	6,97 b	5,73	5,83 b
K ⁺ solúvel (mmol _c L ⁻¹)								
Controle	0,79 c	0,67 b	0,71 b	0,31 b	0,42 b	0,35 a	0,39	0,30 b
Si	0,51 d	0,67 b	0,64 b	0,22 b	0,45 b	0,24 b	0,47	0,28 b
Si + MO	1,50 a	0,76 b	0,80 b	0,34 b	0,39 b	0,29 b	0,52	0,34 b
Si + T	0,97 b	0,92 a	0,65 b	0,47 a	0,49 b	0,36 a	0,36	0,64 a
Si + T + MO	1,53 a	0,94 a	1,13 a	0,31 b	0,60 a	0,25 b	0,36	0,33 b
Na ⁺ solúvel (mmol _c L ⁻¹)								
Controle	124,37 a	133,57 a	77,42 b	122,82 a	43,62	81,03 a	46,34 c	121,33 a
Si	84,69 b	72,07 c	111,44 a	98,4 b	50,41	80,43 a	75,67 b	63,12 b
Si + MO	144,26 a	107,30 b	95,03 b	116,85 a	56,41	62,52 b	57,83 c	72,07 b
Si + T	90,22 b	90,58 c	87,48 b	94,76 b	42,21	70,28 a	52,01 c	61,32 b
Si + T + MO	119,69 a	83,41 c	90,82 b	114,46 a	67,62	55,95 b	99,85 a	63,71 b
Cl ⁻ solúvel (mmol _c L ⁻¹)								
Controle	64,58 a	72,08 a	68,75 a	53,75 a	41,25	79,38 a	42,08	98,33 a
Si	29,58 b	20,00 b	56,25 b	26,25 b	42,50	37,92 c	42,92	47,08 b
Si + MO	88,75 a	41,25 b	59,58 b	45,42 a	30,42	57,92 b	37,92	52,08 b
Si + T	44,58 b	44,58 b	44,58 c	52,08 a	36,25	59,58 b	31,25	58,75 b
Si + T + MO	73,75 a	31,67 b	45,42 c	52,92 a	42,08	58,75 b	43,75	46,25 b
K ⁺ trocável (cmol _c kg ⁻¹)								
Controle	1,14	0,79 c	0,59 c	0,45 b	0,35 a	0,31	0,21	0,33 a
Si	1,54	1,23 a	0,60 c	0,35 b	0,26 b	0,26	0,22	0,23 b

Si +MO	1,35	1,01 b	0,85 b	0,54 b	0,28 b	0,26	0,19	0,26 b
Si + T	1,11	1,25 a	0,69 c	0,77 a	0,24 b	0,37	0,21	0,37 a
Si +T+MO	1,38	1,03 b	1,07 a	0,69 a	0,33 a	0,35	0,26	0,23 b
Na ⁺ trocável (cmol _c kg ⁻¹)								
Controle	6,23	6,51 a	5,02	6,86	3,44	4,94	3,65	4,80 a
Si	6,02	5,93 b	6,02	7,00	3,53	5,12	4,35	4,88 a
Si +MO	6,34	6,02 b	4,76	6,70	3,62	5,03	3,62	4,33 a
Si + T	5,52	5,90 b	5,41	6,66	3,29	3,87	3,50	3,38 b
Si +T+MO	6,96	6,07 b	5,29	7,22	3,94	5,26	4,12	4,62 a
PST Sódio trocável (%)								
Controle	38,67	40,44 a	32,33	43,58 b	21,93	31,50	21,35	28,09 a
Si	37,40	36,83 b	38,75	45,08 a	22,49	32,61	25,47	28,60 a
Si +MO	39,40	37,37 b	30,63	43,11 b	23,05	32,06	21,17	25,37 a
Si + T	34,30	36,65 b	34,78	42,83 b	20,99	24,66	20,49	19,76 b
Si +T+MO	43,23	37,73 b	34,03	46,47 a	25,11	33,54	24,09	27,07 a
pH								
Controle	6,79	7,34 a	6,91	6,71	6,95 b	6,73	6,80 b	6,72 b
Si	6,95	6,93 b	6,74	7,14	7,23 a	6,72	7,13 a	7,15 a
Si +MO	6,96	7,20 a	6,68	7,04	7,11 a	6,68	6,83 b	7,06 a
Si + T	6,80	6,84 b	6,76	6,97	6,91 b	6,72	7,29 a	6,56 b
Si +T+MO	6,76	7,05 b	6,83	7,09	7,15 a	7,01	6,87 b	6,73 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos controles apresentaram maiores condutividades elétrica em todas as camadas do solo. Porém os tratamentos combinados com matéria orgânica foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) para a condutividade elétrica em todas as camadas, sendo enfatizado no segundo corte, estes resultados podem estar associados a composição química da matéria orgânica utilizada além da sua capacidade de retenção da água, condutividade hidráulica, infiltração da água no solo, aumento da capacidade de troca de cátions e sua interação com a água de irrigação utilizada (MIRANDA et al., 2018).

As combinações de silício mais trichoderma e matéria orgânica foram melhores em relação aos demais tratamentos para aumentar as concentrações de K⁺ solúvel principalmente no segundo corte (Tabela 4) no solo. Zhang et al. (2019) observou -se que tratamentos com *trichoderma* aumentaram as concentrações de K⁺ solúvel em comparação aos demais tratamentos. Estudos tem revelado o efeito benéfico do silício no desenvolvimento e resistência de plantas, atuando como um importante componente na manutenção de nutrientes disponíveis para as plantas (ETESAMI et al., 2018). O aumento da disponibilidade de potássio através da biossolubilização tem demonstrado que diversos grupos de microrganismos tem a capacidade de solubilizar o K⁺ solúvel por meio da

decomposição (SATTAR et al., 2019). Assim, fungos como o *Trichoderma* tem contribuído com o isolamento do potássio em solos com elevada salinidade (BHATTACHARYA et al., 2016).

O tratamento controle apresentou as maiores concentrações de Na^+ solúvel em relação aos demais tratamentos (Tabela 4). A utilização de atenuantes nos demais tratamentos apresentou importância significativa para a redução de Na^+ solúvel, onde é possível observar o mesmo comportamento para o Cl^- . Tal resultado pode estar atribuído por se tratarem de elementos bastante solúveis, a matéria orgânica possui uma alta capacidade de retenção de umidade (BEZERRA et al., 2019), além da composição química da água constatado na análise, com concentrações de cloro e sódio elevada. (Tabela 2).

Observa-se que o K^+ e Na^+ trocável teve uma grande variação em todas as combinações nas maiores profundidades do solo no segundo corte (Tabela 4). A PST apresentou o mesmo comportamento esperado, acumulando sódio nas camadas mais profundas do solo, tendo em vista que é estimada a partir das concentrações de sódio, esses resultados podem estar relacionados com o volume de precipitações ocorridos durante o segundo ciclo que podem ter lavado os sais para as camadas mais profundas, além da ausência de sistemas de drenagem impedindo que a mesma saia da área de cultivo e seja lavado.

Com relação a PST% observou-se um aumento significativo em comparação com o percentual de sódio trocável inicial (Tabela 1). Mesmo comportamento foi observado por (ALVES, 2019) onde a aplicação de compostos orgânicos e água salina obtiveram efeito significativo aumentando a porcentagem de sódio trocável. Esses resultados evidenciam uma maior probabilidade de salinização e sodificação, podendo ter sido acentuada pela composição da matéria orgânica (Tabela 3). Azevedo et al. (2017) relatam que o uso simultâneo da matéria orgânica com água salina eleva as concentrações de sais e sódio trocável, causando a redução da fertilidade do solo, provocando a desestruturação e a redução da infiltração de água devido ao excesso de íons sódicos. O pH do solo também apresentou uma grande variação em comparação a todos os tratamentos (Tabela 4), observando um aumento significativo em relação ao pH inicial do solo. Os resultados com pH acima de 7 revelam reações alcalinas com elevadas concentrações de elementos como o K^+ e o Na^+ (MEDEIROS et al., 2018).

Desta forma, é possível observar que houve maior variação nos elementos solúveis do solo (Tabela 4) de forma que os tratamentos com diferentes combinações de atenuantes do estresse salino foram significativos ($p < 0,05$) reduzindo as concentrações desses elementos solúveis no solo proporcionando melhores condições para o desenvolvimento do sorgo. A utilização da matéria orgânica não inibiu o aumento das variáveis analisadas como o aumento das concentrações de sais Na^+ , Cl^- e CE (ALVES et al., 2019). A utilização da água para irrigação com condutividade elétrica de $3,12 \text{ dS m}^{-1}$ contribuíram para o aumento da condutividade elétrica final. Resultados semelhantes foram observados por Costa et al (2019) em cultivo de sorgo sob estresse salino com uso de cobertura morta, onde utilizando água de condutividade elétrica de ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) constataram aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação.

Observa-se que os tratamentos associados Silício + Trichoderma + Matéria orgânica aumentaram as concentrações de K^+ nas folhas (35,89%) durante o primeiro ciclo em comparação com o controle. Em contrapartida as concentrações de Na^+ foram reduzidas em (15%). No colmo as concentrações de K^+ chegaram a aumentar (56,98%) durante o primeiro ciclo, com uma redução de (6,76%) do Cl^- e (263,63%) do Na^+ . Desta forma, os atenuantes tiveram efeito significativo na redução dos sais Na^+ e Cl^- presentes na solução do solo. Na parte aérea da planta é possível observar que as concentrações de potássio aumentaram (46,93%) comparadas ao controle durante o primeiro ciclo, enquanto o Na^+ apresentou redução de (144,73%) no segundo ciclo.

Tabela 5. Conteúdo dos elementos nas frações e parte aérea do sorgo em função dos atenuantes do estresse salino.

Atenuantes	Na^+	K^+	Cl^-	Na^+	K^+	Cl^-
	g					
	Ciclo 1			Ciclo 2		
Folha						
Controle	0,05	0,78 b	0,41	0,15 a	0,67	0,32
Si	0,07	0,90 b	0,44	0,06 b	0,48	0,24
Si +MO	0,06	0,85 b	0,38	0,08 b	0,57	0,30
Si + T	0,06	0,84 b	0,36	0,10 b	0,64	0,37
Si +T+MO	0,06	1,06 a	0,52	0,10 b	0,63	0,34
Colmo						
Controle	0,16 b	2,65 b	2,07 a	0,22 b	2,11	1,14

Si	0,11 b	2,72 b	1,47 b	0,19 b	2,19	1,32
Si +MO	0,21 b	3,75 a	2,07 a	0,30 b	2,93	1,19
Si + T	0,32 a	4,16 a	2,21 a	0,80 a	2,35	1,73
Si +T+MO	0,17 b	3,22 b	2,14 a	0,39 b	2,82	1,46
Panícula						
Controle	0.02	0.15 b	0.05	0.02	0.14	0.02
Si	0.03	0.19 b	0.10	0.03	0.13	0.04
Si +MO	0.05	0.42 a	0.11	0.02	0.14	0.04
Si + T	0.05	0.27 b	0.11	0.03	0.13	0.02
Si +T+MO	0.06	0.35 a	0.10	0.02	0.14	0.03
Parte aérea						
Controle	0.23	3.58 b	2.54	0.38 b	2.93	1.49
Si	0.21	3.82 b	2.02	0.28 b	2.79	1.60
Si +MO	0.32	5.02 a	2.57	0.40 b	3.64	1.53
Si + T	0.43	5.26 a	2.67	0.93 a	3.12	2.12
Si +T+MO	0.30	4.63 a	2.76	0.51 b	3.60	1.83

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Vários estudos relatam a ação do silício em plantas monocotiledôneas com efeitos no fortalecimento da parede celular, melhorando sua estabilidade (GUERRIERO et al., 2016). Além disso, promove a formação de uma barreira sílica, onde a polimerização do ácido sílico dentro do apoplasto resulta na biossilificação (EXLEY et al., 2015), podendo contribuir amenizando o estresse ocasionado pela penetração de potenciais tóxicos, como o alumínio (Al), sódio (Na), manganês (Mn), cádmio (Cd) e zinco (Zn). Em estudos com raízes de trigo sensível e tolerante ao sal, foi possível observar que o Si aumentou a ligação de Na^+ à parede celular da raiz enquanto diminuiu o seu transporte para a parte aérea da planta (AHMAD et al., 1992; SAQIB et al., 2008).

As combinações dos tratamentos com matéria orgânica tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) na parte aérea e colmo da planta em comparação aos demais tratamentos. A matéria orgânica utilizada no experimento é um material com concentrações elevadas de K^+ , (Tabela 3) que podem ter contribuído com a disponibilidade deste elemento para a planta (MEDEIROS et al., 2018), seu uso associado com silício e trichoderma podem ter potencializado o efeito de solubilização do K^+ através da decomposição da matéria orgânica (SATTAR et al., 2019). Resultados semelhantes foram encontrados por Zhang et al. (2019) em tratamentos com fungos trichoderma obtiveram maiores concentrações de K^+ . Diversos trabalhos relatam a ação do trichoderma

no isolamento do K^+ e biodecompositor de microrganismos (BHATTACHARYA et al., 2016; PRATIWI et al., 2021; AISHWARYA et al., 2020). Granjeito (2021) relata respostas significativas ($p < 0,05$) da cultivar BRS Ponta negra para fatores lâminas de irrigação nos teores de Cl^- e K^+ , na folha e no colmo.

6 CONCLUSÃO

A matéria orgânica e o *Trichoderma harzianum* potencializaram a ação do silício como atenuador do estresse salino na cultura do sorgo;

O uso de atenuadores é recomendado para viabilizar o cultivo do sorgo em condições de estresse salino;

O tratamento Si + T+ MO apresentaram melhores resultados em mitigar a salinidade no desenvolvimento do sorgo.

Os tratamentos combinados Si + T, Si + MO e Si + T + MO possuem eficiências em atenuar a salinidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, R. et al. Papel do silício na tolerância ao sal do trigo (*Triticum aestivum* L.). **Plant Science**, v. 85, n. 1, p. 43-50, 1992.

AISHWARYA, S. et al. Biossolubilização de diferentes nutrientes por *Trichoderma* spp. e seus mecanismos envolvidos: uma revisão. **International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology**, v. 7, n. 6, p. 34-39, 2020.

AKÇA, E. Monitoramento a longo prazo da salinidade do solo em um ambiente semi-árido da Turquia. **Catena**, v. 193, p. 104614, 2020.

ALVES, A. et al. Uso de compostos orgânicos no solo cultivado com sorgo irrigado com água salina. **V INOVAGRI International Meeting**, 2019.

ANAMI, S. E. Ideótipos de sorgo sacarino: melhoramento genético da síndrome dos biocombustíveis. **Segurança Alimentar e Energética**, v. 4, n. 3, p. 159-177, 2015.

AYYAM, V.; PALANIVEL, S.; CHANDRAKASAN, S. Biosaline Agriculture. **Coastal Ecosystems of the Tropics - Adaptive Management**, Singapore, 12 oct. 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8926-9_21. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-8926-9_21. Acesso em 13/02/2023.

AZEVEDO, P. R. L.; BEZERRA, D. E. L.; SOUTO, F. M.; BITU, S. G.; PEREIRA JUNIOR, E. B. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n.1, p.01 - 12, 2017.

BEZERRA, D. E. Reuso de água na irrigação de mudas de mamoeiro no Semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 5-11, 2019.

BHATTACHARYA, S. et al. Extraction of potassium from K-feldspar through potassium solubilization in the halophilic *Acinetobacter soli* (MTCC 5918) isolated from the experimental salt farm. **International Journal of Mineral Processing**, v. 152, p. 53-57, 2016. DOI: 10.1016/j.minpro.2016.05.003.

CALERO, H. A. et al. Silicon application induces changes C: N:P stoichiometry and enhances stoichiometric homeostasis of sorghum and sunflower plants under salt stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [S. l.], n. xxxx, 2020. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.08.017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.017>. Acesso em 14/02/2023.

CALONE, R. et al. Tolerância salina e alocação de Na em *Sorghum bicolor* sob condições variáveis de salinidade do solo e da água. **Plantas**, v. 9, n. 5, p. 561, 2020.

CARVALHO, L. L. et al. Caracterização dos usos das águas subterrâneas no perímetro irrigado do baixo Acaraú - CE. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.13, n.2, p.601-620, 2020.

CASSEL, L. J. Benefícios da aplicação de silício em plantas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 6601-6615, 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB Safra 2021/2022: Sorgo. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4731-safra-2022-23-producao-de-graos-pode-9chegar-a-308-milhoes-de-toneladas-impulsionada-pela-boa-rentabilidade-de-milho-soja-e-algodao#:~:text=Com%20a%20melhora%20esperada%20na,um%20recorde%20para%20a%20cultura>. Acesso em: 05 out. 2022

COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F. Água salina como alternativa para irrigação de sorgo para geração de energia no Nordeste brasileiro. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 6, n. 3, p. 169-177, 2017.

COSTA, F. G. B.; FERNANDES, M. B.; BARRETO, H. B. F.; OLIVEIRA, A. F. M.; SANTOS, W. O. Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com TDR sob irrigação com águas de diferentes salinidades. **Irriga**, v. 17, n. 3, p. 327-336, 2012.

COSTA, F. H. R. Influência do turno de rega, estresse salino e cobertura morta na cultura do sorgo. **V INOVAGRI International Meeting**, 2019.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria orgânica do solo**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.
DA SILVA, CHRISTIANA de F. B. Uso do Trichoderma na cultura da banana. **Trichoderma**, p. 433.

DE ABRANTES, E. M. silício, *trichoderma* e matéria orgânica como atenuadores do estresse salino na cultura da quinoa. Disponível em: <http://www.pgpv.ufrpe.br/sites/www.pgpv.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_-_edson_moreira_de_abrantes.pdf>. Acesso em: 20/02/2023.

DE MENEZES, C. B. et al. **Importância do sorgo para o abastecimento de grãos, forragem e bioenergia no Brasil**. 2021. E-book. Cap. 1, p. 1- 46. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1138284/1/Cap-1-Importancia-do-sorgo.pdf>. Acesso em: 08/03/2023.

DEBNATH, S. Potencial de espécies de Trichoderma como biofertilizante e controle biológico no cultivo de *Oryza sativa* L. **Biotechnología Vegetal**, v. 20, n. 1, p. 1-16, 2020.

DESHPANDE, S. Abordagens genômicas para tolerância ao estresse abiótico em sorgo. In: **O Genoma do Sorgo**. Springer, Cham, 2016. p. 169-187.

DINIZ, G. L.; COSTA, C. C.; SOUSA, V. F. O.; LOPES, K. P.; BOMFIM, M. P.; SANTOS, J. B. Uso de Trichoderma spp. e estresse salino na produção de mudas de melancia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1-16, 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA: Agricultura bioassalada: desafios e alternativas para o uso de águas salobras e salinas no semiárido brasileiro. **Embrapa Meio Ambiente**. Jaguariúna, SP 2019.

EL SHAER, H. Halophytes and salt - tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. **Small Ruminant Research**, v. 91, p.3-12, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.01.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448810000234>. Acesso em: 15/03/2023.

ETESAMI, H.; JEONG, B. R. Silicon (Si): Review and future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 881–896, 2018.

EXLEY, C. Um possível mecanismo de silicificação biológica em plantas. **Fronteiras em Plant Science**, v. 6, p. 853, 2015.

FERREIRA SILVA, S. L. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 20, n. 1, p. 51-59, 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. FAO: Global Map of Salt Affected Soils. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-map-of-salt-affected-soils/en/>. Acesso em: 18/03/2023.

GAUR, S. et al. Fascinating impact of silicon and silicon transporters in plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 202, n. March, p. 110885. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110885>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32650140/>. Acesso em: 10/04/2023.

GUEDES, F. Produção de grãos de sorgo no semiárido supera em quase duas vezes a média brasileira. 2021. Embrapa - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: Acesso em: 13 de julho de 2022.

GUERREIRO, G.; HAUSMAN, J. F.; LEGAY, S. Silício e a matriz extracelular vegetal. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 463, 2016.

HUANG, R. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 4, p. 739-746, 2018.

KALOTERAKIS, N.; VAN DELDEN, S. H.; HARTLEY, S. & DE DEYN, G. B. (2021). Silicon application and plant growth promoting rhizobacteria consisting of six pure *Bacillus* species alleviate salinity stress in cucumber (*Cucumis sativus* L). **Scientia Horticulturae**, 288, 110383. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110383>.

KUMARI, M. et al. Enhanced cellular internalization: a bactericidal mechanism more relative to biogenic nanoparticles than chemical counterparts. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 9, n. 5, p. 4519–4533, 2017.

- LIMA, F. C. **Potencial produtivo de diferentes genótipos de sorgo**. 2020. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2020.
- MACHADO, R. M. A; SERRALHEIRO, R. P. Salinidade do solo: efeito no crescimento de hortaliças. Práticas de manejo para prevenir e mitigar a salinização do solo. **Horticulturae**, v. 3, n. 2, pág. 30, 2017.
- MANARELLI, D. M. et al. Productive performance and quantitative carcass traits of lambs fed saccharine sorghum silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 54(e00577),1 -10.10.1590/s1678- 3921.pab2019.
- MEDEIROS, W. P. et al. Atributos químicos em solo salino-sódico e efeito do ácido sulfúrico no crescimento da *Prosopis juliflora*. **Revista de ciências agrárias**, v. 61, 2018.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. London: Elsevier, 2012. 643p.
- MENEZES, C. B. de. A opção interessante do sorgo. **A Granja**, v. 76, n. 856, p. 35-36. 2020
- MENDOZA-MENDOZA, A. et al. Molecular dialogues between Trichoderma and roots: role of the fungal secretome. **Fungal Biology Reviews**, v. 32, n. 2, p. 62-85, 2018.
- MIRANDA, M. F. A. Melhoria dos atributos físicos degradados de um solo salino-sódico influenciado pela fitorremediação e condicionadores de solo. **Arquivos de Agronomia e Ciências do Solo**, v. 64, n. 9, p. 1207-1221, 2018.
- NEGACZ, K. M. Z.; VOS, de A. VELLINGA, P. Solos salinos em todo o mundo: identificando as áreas mais promissoras para a agricultura salina. **Jornal de Ambientes Áridos**, v. 203, 2022.
- NÓBREGA, R. F. Efeito da salinidade e lâminas de irrigação sobre o crescimento e produtividade do sorgo sudão. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Programa de Pós- graduação em Manejo do Solo e Água. Mossoró - RN, 2020.
- DE ARAUJO, Gherman GL et al. Agricultura bioassalina e uso de águas salobras na produção de forragem. Embrapa. Brasília -DF, 2021.
- PENG, J. Estimando a salinidade do solo a partir de dados de sensoriamento remoto e terreno no sul da província de Xinjiang, China. **Geoderma**, v. 337, p. 1309-1319, 2019.
- PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 115- 137. 2015.
- PEREIRA, O. G.; GOBBI, K. F.; PEREIRA, D. H. & RIBEIRO, K. G. (2011). Conservação de forragens como opção para o manejo de pastagens. In Embrapa Caprinos e Ovinos- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 43., 2006, João Pessoa. Produção animal em biomas tropicais: anais dos simpósios. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 507- 539

PESSOA, L. G. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; DOS SANTOS, R. L.; FREIRE, F. J., SANTOS, P. R. dos, & MIRANDA, M. F. A. (2019 a). Saline water irrigation in semiarid region: II - effects on growth and nutritional status of onions. **Australian Journal of Crop Science**, 13 (7), 1177–1182. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.07.p1687>

PEIXOTO, E. M. A. Química Nova na Escola – Elemento QuPEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Química Nova na Escola – Elemento Químico: Silício N° 14, Nov. 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a12.pdf>. Acesso em 06 abr. 2021. ímico: Silício N° 14, Nov. 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a12.pdf>. Acesso em 17 Out. 2021.

RAVEN, JOHN A. Transporte e função do silício nas plantas. **Revisões biológicas**, v. 58, n. 2, p. 179-207, 1983.

Richards, L. A. Diagnóstico e rehabilitación de suelos salinos e sódicos. México: **Editorial Limusa**, p.1954. 172.

PRASAD, P. Agroclimatologia de milho, sorgo e milheto. **Agroclimatologia: Ligando a Agricultura ao Clima**, v. 60, p. 201-241, 2020.

PRATIWI, V. O potencial de *Trichoderma* spp. e *Pseudomonas auregenosa* como decompositora de resíduos de patchouli. In: **Série de Conferências IOP: Terra e Ciências Ambientais**. Editora IOP, 2021. p. 012019.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.

RAJESWARI, S.; SOOD, N.; SWARUP, T. G.; SUBRAMANIAN, R. Assessing salt-stress tolerance in barley. **Universitas Scientiarum** Vol. 24 (1): 91-109, 2019.

RAKSHIT, S. Mudanças na área, ganhos de produtividade e estabilidade da produção de sorgo nos principais países produtores de sorgo, 1970 a 2009. **Crop Science**, v. 54, n. 4, p. 1571-1584, 2014.

RODRIGUES, C. R. F.; High K⁺ supply avoids Na⁺ toxicity and improves photosynthesis by allowing favorable K⁺: Na⁺ ratios through the inhibition of Na⁺ uptake and transport to the shoots of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, n. 2, p. 157-164, 2013.

SANTOS, G.C.L.; GARCIA, P.H.M.; VIANA, T.B.L.; BORGES, P.F.; ARAUJO, L.S.; GONZAGA NETO, S. Crescimento e eficiência do uso da água do sorgo sob distintos regimes hídricos contínuos. **Archivos de Zootecnia**. v. 69, n. 266, p. 164-171, 2020.

SATTAR, A.; NAVEEDA, M.; ALIA, M.; ZAHIRA, Z.; NADEEMB, S.; YASEENA, M.; MEENAC, V. S.; FAROOQD, M.; SINGHE, R.; RAHMANF, M.; MEENA, H. N. Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: a

review. **Applied Soil Ecology**, v. 133, p. 146-159, 2019. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.09.012.

SAQIB, M.; ZÖRB, C.; SCHUBERT, S. A melhora mediada pelo silício na Resistencia ao sal do trigo (*Triticum aestivum*) resulta do aumento da exclusão de sódio e da Resistencia ao estresse oxidativo. **Biologia Vegetal Funcional**, v. 35, n. 7, p. 633-639, 2008.

SETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 15 Out. 2022.

SILVA, A. K. P. de M. Sistemas de dessalinização como medida de adaptação às mudanças climáticas no semiárido Pernambucano. Dissertação de mestrado. Recife, 2022.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. V.; OLIVEITA, F. A.; SILVA JÚNIOR, M. S.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 66-72, 2014.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; SOUSA, C. E. S.; GÓES, G. B. Crescimento de meloeiro e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 593-605, 2008.

SILVA, J. R. I.; JARDIM, A. M. da R. F.; BARROSO NETO, J.; LEITE, M. L. de M. V., & TEIXEIRA, V. I. (2018). Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada Nas Ciências Agrárias**, 11 (3). <https://doi.org/10.5935/paet.v11.n3.13>.

SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R. Salinidade do solo: um grave problema ambiental e bactérias promotoras de crescimento de plantas como uma das ferramentas para o seu alívio. **Revista Saudita de Ciências Biológicas**, v. 22, edição 2, p. 123-131, mar, 2015.

SOUZA, A. A.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G., & MACHADO, C. D. (2014). Avaliação da água subterrânea nos aquíferos cenozoico e guarani em São Gabriel do Oeste-MS: subsídios à gestão integrada. **Ciência e Natura**, 36 (2), 169179. DOI: 10.5902/2179460X13174

SOUZA, M. C. M. R. de.; MENEZES, A. S.; COSTA, R. S. da.; AMORIM, A. V.; LACERDA, C. F. de, & RIBEIRO, M. da S. de S. (2017). Tolerância À Salinidade E Qualidade De Mudanças De Noni Sob Diferentes Ambientes E Matéria Orgânica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 11 (7), 2052–2062. <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n700682>.

SOUZA, P. G. R.; VIANA, T. V. A.; CARVALHO, C. M.; SOUSA, A. M.; COSTA, C. P. M.; AZEVEDO, B. M. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo no crescimento da cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1528-1537, 2017.

TABATABAEI, S. Efeitos da salinidade sobre algumas características de genótipos de sorgo forrageiro em germinação. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)**, v. 4, n. 14, p. 979-983, 2012.

TABOSA, J. N. Melhoramento genético do sorgo para o semiárido brasileiro. 2021.

TANG, S. The prospect of sweet sorghum as the source for high biomass crop. **Journal of Agricultural Science and Botany**, v. 2, p. 5-11, 2018.

TEAM, R. C. R. Uma linguagem e ambiente para computação estatística, versão 3.0. 2. **Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing**, v. 2013, 2019.

TOSTA, X. M., RODRIGUES, R. C., COSTA, C. dos S., da SILVA, I. R., TEIXEIRA, M. da C., STAINY, S. C. S., MIRANDA, B. E. C., & DUTRA, J. A. C. (2021). Agronomic characteristics of sorghum varieties fertilized with poultry litter doses and the nutritional value of the silages / Características agrônômicas de variedades de sorgo adubados com doses de cama de frango e valor nutritivo das silagens. **Brazilian Journal of Development**, 7(5), 47505–47517.

US Salinity Laboratory Staff – UDDL., 1954. Diagnóstico e Melhoria de Solos Salinos e Alcalinos. Departamento de Agricultura dos EUA, Washington.

UFRPE. Cadernos do Semiáridos riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. – V. 15, n.2 (2020). Recife: CREA-PE: Editora UFRPE, 2020.

WEBER, I. F.; FEDDERN, V.; VIEIRA, O. F. V.; VIEIRA, J. C.; LIMA, G. J. M. M. Ocorrência de micotoxinas em farelos de soja, trigo e sorgo no Brasil nos anos de 2016 e 2017. In: **SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR**, 6. 2018, Gramado. Desvendando mitos: anais. Porto Alegre: UFGRS; Campinas; SBCTA, 2018.

ZAMAN, M.; SHAHID, S. A.; HENG, L. Diretriz para avaliação, mitigação e adaptação da salinidade usando técnicas nucleares e afins. **Springer Nature**, 2018.

ZHANG, F. *Trichoderma harzianum* atenua o estresse salino em pepino por meio de respostas múltiplas. **Ecotoxicologia e segurança ambiental**, v. 170, p. 436-445, 2019.