

EDSON MOREIRA DE ABRANTES

**SILÍCIO, TRICHODERMA E MATÉRIA ORGÂNICA COMO ATENUADORES DO
ESTRESSE SALINO NA CULTURA DA QUINOA**

Serra Talhada - PE

2021

A
B
R
A
N
T
E
S

E
M

S
I
L
I
C
I
O

T
R
I
C
H
O
D
E
R
M
A

.
. .
2
0
2
1

EDSON MOREIRA DE ABRANTES

**SILÍCIO, TRICHODERMA E MATÉRIA ORGÂNICA COMO ATENUADORES DO
ESTRESSE SALINO NA CULTURA DA QUINOA**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito básico para obter o Título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros
Pessoa

Serra Talhada- PE

2021

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)

A161s

de Abrantes, Edson Moreira

Silício, Trichoderma e Matéria orgânica como atenuadores do estresse salino na cultura da quinoa: Estudo exploratório / Edson Moreira de Abrantes. - 2021.
45 f. : il.

Orientador: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, 2022.

1. salinidade. 2. semiárido. 3. Chenopodium quinoa. I. Pessoa, Luiz Guilherme Medeiros, orient. II. Título

CDD 581.15

EDSON MOREIRA DE ABRANTES

**SILÍCIO, TRICHODERMA E MATÉRIA ORGÂNICA COMO ATENUADORES DO
ESTRESSE SALINO NA CULTURA DA QUINOA**

Aprovada em: 16/12/2021

BANCA EXAMINADORA

Drº Luiz Guilherme Medeiros Pessoa UFRPE/UAST
(Orientador)

Drº Francisco de Oliveira Mesquita - INSA
(Examinador)

Drª Stella Ribeiro Prazeres Suddarth - Driscoll's Company - USA
(Examinadora)

Serra Talhada - PE

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder o dom da vida, a saúde, sabedoria, perseverança, e por me guiar em mais uma etapa de minha vida, sempre me trazendo forças para eu nunca desistir;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de participar do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal;

Ao meu orientador, professor Luiz Guilherme Medeiros Pessoa, pela orientação e contribuição na minha formação, pelos ensinamentos transmitidos e sua generosa paciência;

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas contribuições;

Aos meus pais, João Estrela de Abrantes e Judith Moreira de Abrantes, aos meus irmãos Renato Moreira de Abrantes e Rogéria Moreira de Abrantes, pelo amor, apoio, compreensão e todos os incentivos dados nesta conquista;

A minha esposa Jaqueline Gomes Ferreira pelo amor incondicional, carinho, paciência e apoio durante todo o tempo;

Aos colegas de equipe do NUPSE – Núcleo de Pesquisa em Solos do Semiárido pela ajuda na condução do experimento, em especial a Luiz Fellipe e José Orlando;

Aos colegas da Pós-graduação, pelos bons momentos e acolhimento;

Aos professores do Programa, pela colaboração na minha formação;

A todos os colegas da Estação de Agricultura Irrigada de Parnamirim, que ajudaram na condução do experimento, nas pessoas de Eurico Lustosa, Gilson Araújo, Teógenes Carvalho e Agimiro Magalhães;

A minha amiga, detentora de um conhecimento científico valioso, Natalia Vital Bandeira, pelas inúmeras ajudas e contribuições durante toda esta jornada;

E a todos que, de uma forma ou de outra contribuíram para mais essa conquista.
Meu muito obrigado!

ABRANTES, E. M. **Silício, Trichoderma e Matéria orgânica como atenuadores do estresse salino na cultura da quinoa**, Serra Talhada – PE, 2021. 46 f. Dissertação – (Mestrado em Produção Vegetal) – UFRPE. Orientador: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa

RESUMO

A salinidade é uma perturbação do solo que afeta o crescimento da planta, induzindo o estresse hídrico provocando perda hídrica pelas folhas devido ao excessivo acúmulo de Na. Para contribuir na redução do sódio trocável no solo, temos os condicionadores do solo. Os três condicionadores do solo: o silicato, *Trichoderma* e matéria orgânica. A quinoa, planta halófito é resistente a solos salinos, oriunda dos Andes. Logo, o objetivo desse trabalho foi de avaliar o desempenho produtivo e qualitativo da quinoa, propondo alternativas de condicionadores de solos associados ao *Trichoderma*, em sistema de irrigação no semiárido sob água salina. O estudo foi realizado na Estação de Agricultura Irrigada de Parnamirim da UFRPE, Parnamirim/PE, em solo Neossolo Flúvico de textura média. As amostras de solos foram coletadas na profundidade de 0-20 cm para avaliações físicas e químicas do solo. O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, em arranjo fatorial 2x5, sendo duas lâminas de irrigação (30% da C.C. e 80% da C.C.) e 5 tratamentos (T1 – testemunha; T2 – silicato de potássio; T3 – silicato + matéria orgânica; T4 – silicato + trichoderma; T5 – Silicato + trichoderma + matéria orgânica), totalizando 40 unidades experimentais. O solo utilizado foi coletado próximo a área de condução do trabalho, onde foi preenchido os vasos utilizados. Os condicionadores foram incorporados ao solo, a uma profundidade de 20 cm. Foram utilizados em cada bandeja plantios referentes a cultivar BRS Piabiru. Foram conduzidas irrigações pelo capilaridade até obter 30 e 80 % da Capacidade de Campo, com água salina. A colheita foi realizada com 62 dias após o transplântio as mudas. Para as características avaliadas, altura de planta, massa fresca e seca apresentou as melhores interações nos tratamento silicato + trichoderma; silicato + MO nos 80% de CC e a testemunha com 30% de CC, adubação silicatada + MO a 80% de CC foi o melhor tratamento; silicato a 80% de CC e silicato + trichoderma com 30% de CC, respectivamente. Para cloro, potássio e sódio na planta os tratamentos com a 80% de CC foram os melhores tratamentos. pH do solo e condutividade elétrica não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Sódio trocável a testemunha foi o tratamento significativo. A massa fresca e seca das plantas de quinoa em ambiente controlado foram prejudicados com a redução com o estresse hídrico; as plantas de quinoa responderam com o aumento do regime hídrico e com os condicionadores; a utilização de silício conjugado com outros condicionadores proporcionou as maiores médias para massa fresca a planta, sódio, potássio e cloro. A quinoa é uma alternativa para a produção em áreas com altos níveis de salinidade na água de irrigação.

Palavras chave: Salinidade, Semiárido, *Chenopodium quinoa*.

ABRANTES, E. M. **Silicon, Trichoderma and organic matter as saline stress attenuators on quinoa crop**, Serra Talhada – PE, 2021. 46 p. Dissertation (Master Degree in Plant Production) – UFRPE. Advisor: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa.

ABSTRACT

Salinity is a soil disturbance that affects plant growth, inducing water stress causing water loss by leaves due to excessive accumulation of Na. To contribute to the reduction of exchangeable sodium in the soil, we have the soil conditioners. The three soil conditioners: silicate, *Trichoderma* and organic matter. The quinoa, halophyte plant, is resistant to saline soils, originating from the Andes. Therefore, the subject of this work was to value the productive and qualitative performance of quinoa, proposing alternatives of soil conditioners associated with *Trichoderma*, in an irrigation system in the semiarid under saline water. The study was carried out at the Parnamirim Irrigated Agriculture Station of UFRPE, located in Parnamirim/PE, in a medium-textured Fluvisol. Soil samples were collected at a depth of 0-20 cm for soil physical and chemical evaluations. The experiment was installed in a fully randomized design, with four replications, in a 2x5 factorial arrangement, being two irrigation depths (30% of C.C. and 80% of C.C.) and 5 treatments (T1 - control; T2 - potassium silicate; T3 - silicate + organic matter; T4 - silicate + trichoderma; T5 - Silicate + trichoderma + organic matter), totaling 40 experimental units. The soil used was collected near the work conduction area, where the vessels used were filled. The conditioners were incorporated into the soil at a depth of 20 cm. Plantations referring to cultivar BRS Piabiru were used in each tray. Irrigations were conducted by capillarity until 30 and 80% of the field capacity was obtained, with saline water. The harvest was performed 62 days after transplanting the seedlings. For the evaluated characteristics, plant height, fresh and dry mass presented the best interactions in the silicate + trichoderma treatment; silicate + OM in 80% of WC and the control with 30% WC, silicate fertilization + OM at 80% of WC was the best treatment; 80% CC silicate and silicate + trichoderma with 30% WC, respectively. For chlorine, potassium and sodium in the plant, treatments with 80% WC were the best treatments. Soil pH and electrical conductivity there were no significant differences between treatments. Exchangeable sodium the witness was the significant treatment. The fresh and dry mass of quinoa plants in a controlled environment were impaired with the reduction with water stress; quinoa plants responded with increased water regime and conditioners; the use of silicon conjugated with other conditioners provided the highest averages for fresh mass of the plant, sodium, potassium and chlorine. Quinoa is an alternative for production in areas with high levels of salinity in irrigation water.

Keywords: Salinity, Semiarid, *Chenopodium quinoa*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Altura de planta (A), Diâmetro de planta (B), Massa Fresca da Planta (C) e Massa seca da planta (D) de Quinoa com aplicação de condicionadores de solo para mitigar os efeitos do estresse salino. UFRPE - Parnamirim-PE, 2021..... 26
- Figura 2.** Cloro na planta (A), Potássio na planta (B) e Sódio na planta (C) referente a composição química foliar das plantas de Quinoa com aplicação de condicionadores de solo para mitigar os efeitos do estresse salino, UFRPE - Parnamirim- PE, 2021..... 28
- Figura 3.** Ph (A) Condutividade elétrica do sódio (B) e Sódio trocável (C) das amostras de solo sob cultivo de Quinoa com aplicação de condicionadores de solo para mitigar os efeitos do estresse salino. UFRPE - Parnamirim- PE, 2021..... 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características química do solo, coletados na profundidade de 20 cm do solo da área experimental. UFRPE, Parnamirim – PE, 2021.....	15
Tabela 2. Análise de cátions solúveis do solo, coletados na profundidade de 20 cm do solo da área experimental. UFRPE, Parnamirim – PE, 2021.....	15
Tabela 3. Características química da água salina, utilizada no experimento. UFRPE, Parnamirim-PE, 2021.....	16
Tabela 4. Resumos das análises dos Íons solúveis pós colheita, UFRPE – Parnamirim – PE, 2021.....	28

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. JUSTIFICATIVAS	13
3. HIPÓTESES	14
4. OBJETIVO GERAL	14
4.1. Objetivos Específicos	14
5. REVISÃO DE LITERATURA	14
5.1. Qualidade da água de irrigação	15
5.2. Uso de água salina na agricultura do semiárido	16
5.3 Agricultura bioassalada no semiárido do Brasil	18
5.4 Silício, matéria orgânica e <i>Trichoderma</i> como atenuadores do estresse salino em culturas	19
5.5 Quinoa como alternativa de produção vegetal sob condições de estresse salino	21
6. MATERIAL E MÉTODOS	22
6.1 Área do estudo	22
6.2 Instalação do experimento	23
6.3.1 Biometria	24
6.3.2 Análises do material vegetal	24
6.3.3 Avaliações no solo	25
6.3.4 Análise estatística	25
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
8. CONCLUSÕES	32
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

A salinidade é uma degradação do solo que provoca sérias restrições à produção de alimentos (ASHRAF et al., 2014). O estresse salino afeta o crescimento da planta, e altas concentrações de sais diminui o potencial hídrico do solo e induz o estresse hídrico nas plantas, provocando perda hídrica pelas folhas devido ao excessivo acúmulo de Na^+ (MUNNS, 2005).

Em meio irrigado, estes solos podem incidir em maiores impactos ambientais, pela susceptibilidade de salinização dos recursos naturais, sendo importante e necessária a gestão hídrica, enfocando no uso eficiente e controle da salinização da água e solo, cuja ocorrência está relacionada a fatores naturais (solo e clima). Estudos referentes ao teor salino das águas disponíveis no Nordeste são de grande relevância, já que o processo de salinização dos solos é acelerado, principalmente, pela deposição de sais através da água de irrigação (SOUZA, 2007).

Existem produtos testados com bons resultados, como os condicionadores de solos, por exemplo os orgânicos, que contribuem na redução do sódio trocável pela liberação de CO_2 e ácidos orgânicos durante a decomposição da matéria orgânica, além de atuarem como fontes de cálcio e magnésio, em detrimento do sódio. (GOMES et al., 2000; SANTOS et al., 2005; FREIRE & FREIRE 2007;).

Dentre as alternativas para mitigar os efeitos deletérios da salinidade às plantas, destacam-se os silicatos, sendo uma fonte interessante de fornecimento de Si, promovendo tolerância às condições de estresse salino (FREITAS et al. 2010; KAFI & RAHIMI, 2011; MATEOS et al. 2013). O *Trichoderma*, gênero de fungos indutor de resistência, apresenta atividade promotora de crescimento, protege as plantas contra patógenos, microparasitismo, antibiose e induzem defesas contra estresses bióticos e abióticos (SHORESH et al., 2010; LORITO et al., 2010; DRUZHININA et al., 2011; HERMOSA et al., 2012; RUBIO et al., 2014).

Dentre as plantas que apresentam resistência aos solos salinos, a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) diminui o potencial da água em seu sistema, incrementando os solutos com o uso de íons presentes no ambiente (Na^+ , K^+ e Cl^-) e sintetizando solutos orgânicos, podendo acumular íons nas partes aéreas, exibindo maior capacidade de sequestro vacuolar destes elementos nas células foliares (QUISPE E JACOBSEN, 2001;TAIZ; ZEIGER, 2013;). Assim, plantas halófitas exibem acentuada capacidade de tolerar um aumento do fluxo de Na^+ das raízes na corrente transpiratória (APSE; BLUMWALD, 2007).

A quinoa é um pseudocereal da família Chenopodiaceae oriunda dos Andes (BHARGAVA et al., 2005). É uma cultura resistente a pragas, e de fácil desenvolvimento sob condições adversas de altitude, umidade, solos salinos e pobre em sais minerais. Apresenta elevado valor econômico, por ser componente potencial na ração animal e na alimentação humana. (SOUZA et al., 2004; SPEHAR, 2007).

A quinoa é pouco utilizada e conhecida no Brasil, portanto percebe-se a necessidade de estudos sobre a variedade BRS Piabiru. No Brasil, a introdução da quinoa ocorreu nos anos de 1990, com o desenvolvimento do cultivar BRS Piabiru, isento de saponina e adaptado às condições dos Cerrados, com excelentes rendimentos agronômicos (SPEHAR, 2006; 2007).

A quinoa é uma alternativa de cultura para as mudanças globais, provocada pelas técnicas de produção ineficientes dadas pela agricultura, aumentando na taxa de salinização das terras agrícolas (GLENN et al., 1998). Vista dessa perspectiva, a tolerância da quinoa aos solos áridos e salinos oferece uma alternativa, não só para recuperação dessas terras, já que vêm sendo utilizada em programas de reabilitação de solos, mas também para produzir alimentos de alto valor nutricional (CAMIENER, 1967; WATSON, 1990).

2. JUSTIFICATIVAS

A possibilidade de adoção de tecnologias que proporcionem o aperfeiçoamento do uso de água salina de forma que auxilie na melhoria da qualidade do solo, assim favorecendo a produtividade da quinoa. Portanto, pesquisas que demonstrem a importância de métodos alternativos de produção no semiárido nordestino são relevantes para o aumento produtivo da cultura da quinoa.

A quinoa ainda é pouco utilizada no Brasil devido ao alto preço do grão importado e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria da população, razão por que sua comercialização e produção é ainda muito limitada. Percebe-se então, a maior necessidade de estudos para aprofundar os conhecimentos sobre a variedade BRS Piabiru, a carência de informações técnicas e científicas a respeito do seu estado nutricional, potencial produtivo, exigências hídricas e de fertilização do solo associado à prática de irrigação, se fazem necessárias à realização de trabalhos científicos que possam contribuir para o desenvolvimento de tecnologias que favoreçam o cultivo da Quinoa, principalmente no semiárido Nordeste, sobretudo ao aumento de sua produção e qualidade pós-colheita dos grãos, bem como para a

melhoria da fertilidade e das propriedades físicas do solo. Em sua adaptação ao cultivo no Brasil, tem-se objetivado tolerância ao estresse, (seca, acidez do solo, baixas temperaturas), elevados rendimentos de grãos e de biomassa, além de outras características agronômicas (SANTOS et al., 2003).

3. HIPÓTESES

3.1 A utilização do silicato, *Trichoderma* e matéria orgânica contribuem positivamente no processo de atenuação do estresse salino sobre a Quinoa.

3.2 O silicato e o *Trichoderma* juntamente com matéria orgânica poderão contribuir na melhoria das propriedades químicas do solo.

4. OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho da quinoa, em resposta às aplicações de Silicato isolado e associados ao *Trichoderma* e matéria orgânica como alternativa para atenuar os efeitos do estresse salino bem como observar as alterações químicas no solo.

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Estudar o efeito da aplicação de água salina, com ou sem interação do silicato e da *Trichoderma* e matéria orgânica do solo no rendimento da quinoa;

4.2.2 Avaliar o processo de mitigação referente ao estresse salino das plantas de quinoa pela interação silicato x *Trichoderma* x matéria orgânica;

4. 2.3 Oferecer ao produtor uma nova alternativa de produção de quinoa frente às adversidades relacionadas ao estresse salino e hídrico;

4. 2.4 Analisar o crescimento e desenvolvimento inicial da quinoa adubado com silicato de potássio, *Trichoderma* e matéria orgânica no solo.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A água é indispensável à vida dos organismos vivos, as suas características químicas, físicas e biológicas podem variar conforme a região onde ocorre, logo a sua utilização na irrigação é primordial no desenvolvimento da agricultura (AYERS & WESTCOT, 1991).

Possuindo diversas utilizações, a água se destaca no uso na irrigação, a água utilizada para este fim deve obedecer a alguns critérios de qualidade, para que se evite causar danos às culturas irrigadas por meio de sais presentes em sua composição, que podem provocar deficiência nutricional da planta e diminuição de sua produtividade, outro risco que a água utilizada na irrigação possui é o de toxicidade, especialmente em relação aos íons sódio e cloro que em excesso geram danos às plantas das culturas irrigadas (AMORIM et al., 2008).

Conforme Amorim et al. (2008), os sais dissolvidos presentes na composição da água podem variar a sua concentração com o aumento do volume de chuvas, aumentando a sua quantidade nos mananciais, e no período de secas sua evaporação, elevando as concentrações de sais presentes no meio. Dentre alguns fatores determinantes para a variação na composição de sais na água são: zona climática, geologia da região, natureza do solo e poluição antrópica.

As águas superficiais presentes em rios, lagos, açudes, apresentam sais em sua composição, originados sobretudo por rochas presentes nas nascentes afetando a salinidade da água em regiões áridas e semiáridas. Na água também pode ser encontrando em sua composição alguns produtos químicos provenientes da poluição pela atividade agrícola, por meio de deflúvio superficial, altas concentrações de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo (GNADLINGER, 2011).

A irrigação, é uma das maneiras de garantir a produção agrícola, principalmente em regiões como o semiárido nordestino, onde a precipitação é menor que evapotranspiração. O expressivo aumento populacional impôs a necessidade de aumentar a produção de alimentos, fator aliado ao grande desenvolvimento industrial onde fez aumentar a demanda de água, principalmente na agricultura, onde se faz cada vez mais necessário o seu uso na irrigação (SZABOLCS & DARAB, 1979).

A situação da água é preocupante, não apenas quanto a sua quantidade, mais também quanto à sua qualidade. Os efeitos negativos da exploração excessiva dos aquíferos (salinização e aumentos dos custos de exploração); o crescente dano por contaminação da qualidade das águas superficiais, dentre outros. (MORENO CORELLES et al. 1996)

Quando se fala de qualidade da água para irrigação ela cita a relação de qualidade com a salinidade. Portanto, a qualidade da água pode ser definida em função de três critérios básicos: salinidade, sodicidade e toxicidade. A qualidade da água de irrigação é considerada um fator importante, mas esse fator isolado não é possível desenvolver um sistema de classificação universal que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias (YARON, 1973).

A adequação da água no sistema de irrigação dependerá de sua própria qualidade quanto aos fatores relacionados com as suas condições de uso. Podendo uma qualidade de água ser considerada adequada para uma determinada cultura e condição edafoclimática, e ser inadequada para outras (WILCOX & DURUM, 1967; HOORN, 1971).

A água não possui qualidade inerente, exceto no contexto para qual ela é usada, pois sua ajustabilidade irá depender do que pode ser feito com ela nas condições inerente de uso. Assim, além de suas características físico-químicas, demais fatores devem ser considerados e analisados para as recomendações de uso para irrigação, como: tolerância das culturas a serem exploradas; características físico-químicas do solo; condições climáticas e o manejo da irrigação e drenagem (FRENKEL 1984).

5.2. USO DE ÁGUA SALINA NA AGRICULTURA DO SEMIÁRIDO

A escassez de água representa uma grande preocupação, não só em termos de quantidade, mas também em qualidade, com impactos diretos no bem-estar dos povos, como no funcionamento dos ecossistemas e no desenvolvimento socioeconômico

Ao tempo que é observado o grande aumento da demanda por água e alimento, as mudanças do clima geram alterações no ciclo hidrológico, com consequências diretas na disponibilidade hídrica. Esta elevação traz grandes impactos, podendo agravar os problemas já encontrados com a escassez hídrica e a produção de alimentos. Conforme estudos, evidencia-se a necessidade de desenvolver alternativas para a agricultura irrigada, principalmente para as regiões com zonas áridas e semiáridas, tornando as águas salobras e salinas como fontes para estratégia de crises hídricas (MARENGO, 2008; AMBRIZZI; ARAÚJO, 2014).

Conforme Guedes et al. (2015), a utilização de água salina na irrigação é um desafio, sendo fundamental o desenvolvimento de novas estratégias para o manejo da irrigação utilizando essas águas em ambiente protegido.

Para que o uso de água salina seja eficiente na irrigação das culturas agrícolas, se requer práticas de manejo adequadas, como a seleção de culturas tolerantes à salinidade, e a estratégias

de aplicação de água para evitar o acúmulo de sais no solo. Em estudos houve relatos que a sensibilidade e a tolerância das culturas aos efeitos da salinidade variam entre espécies e cultivares de uma mesma espécie e, que dependem das condições climáticas de cada região, do tipo de solo, do método de irrigação, do estágio de desenvolvimento das plantas (TESTER & DAVÉNPORT, 2003; MUNNS, 2005)

Estudos com uso de água salina na irrigação na região Nordeste demonstraram que é possível se ter uma agricultura produtiva rentável, embora haja necessidade que o solo tenha boa drenagem, que as culturas tolerem os níveis de salinidade resultantes do uso de determinada água e que o manejo da irrigação da cultura seja ajustado às condições existentes

No entanto, a agricultura no semiárido brasileiro e em várias partes do mundo está enfrentando o problema com a escassez de recursos hídricos. Esse problema associado ao grande consumo de água na agricultura irrigada e a escassez de água de boa qualidade para atender a demanda crescente da população (consumo, indústrias, entre outros), tem aumentado a pressão sobre o setor, e até inviabilizado diversos empreendimentos agrícolas, notadamente aqueles com culturas perenes.

Também se verifica, notadamente impulsionada pela crise hídrica atual, o interesse crescente pelo aproveitamento de águas de qualidade inferior e pelo uso múltiplo de fontes de água para irrigação. Isso envolve, dentre outras coisas, o uso de fontes de águas salobras, comuns em regiões semiáridas, a reutilização de água de drenagem com elevados teores de sais, a utilização de rejeitos de dessalinizadores, o uso de águas residuárias e cultivo de espécies capazes de apresentarem elevada rentabilidade quando irrigadas com esses tipos de água (AYERS & WESTCOT, 1999; RHOADES ET AL., 2000; BOARI ET AL., 2016).

No Nordeste brasileiro é comum a ocorrência de águas subterrâneas (poços) e superficiais (açudes e lagoas) com problemas de salinidade (Medeiros, 1992), a maioria destas se enquadrando como salobras, que restringe seu uso para irrigação e também para outros fins (consumo humano, animal, e, ou indústria, entre outros). Além disso, a concentração salina nestas águas aumenta durante o período seco, quando o volume de água é significativamente reduzido (LACERDA et al., 2010).

No Brasil, a escassez desse recurso é bastante visível, sobretudo na região semiárida do Nordeste que corresponde a 58% do território. A água utilizada na irrigação nessa região apresenta em grande parte alto teor de sais, tanto em águas superficiais como subterrâneas como

nos açudes de pequeno e médio porte (superficiais) e poços (água subterrâneas) (MEDEIROS et al., 2003).

As culturas do milho e do sorgo vêm ocupando lugar de destaque na região Nordeste, pelas suas elevadas produtividades mesmo quando irrigadas com água de elevada salinidade, e podem se constituir em alternativas para cultivos que utilizem recursos (água e solo) salinos (MORAIS NETO, 2009).

5.3 AGRICULTURA BLOSSALINA NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

A região Semiárida do Brasil abrange 70% da área do Nordeste. A região é coberta por solos rasos de baixa fertilidade, sendo que aproximadamente 76% da extensão territorial da região são formados por solos distróficos de muito baixa fertilidade natural (31,34%), baixa (44,3%), com média a alta fertilidade de 17,7% e de apenas 6,29% dessa área do semiárido com alta fertilidade (BRASIL, 2010). Sendo uma região que possui uma grande área de manancial de água salobra subterrânea (MARENGO, 2010).

Apesar que a água salobra não seja adequada ao uso na agricultura, há lugares em que a única opção dos produtores é usá-la. Devido a essa problemática, pesquisadores vêm adaptando técnicas para o seu uso. Essa técnica trata-se da agricultura bioossalina, alternativa que utiliza a água salobra para irrigação. Nesse sistema, com o tempo a concentração de sais no solo vai aumentando, devido à quantidade de sais presentes na água, podendo provocar redução no potencial hídrico do solo, diminuindo o armazenamento de água no mesmo e, conseqüentemente, afetando o desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2014b).

Através da agricultura Bioossalina, os agricultores vêm aprendendo a utilizar de forma sustentável esta água em favor da agricultura, e até mesmo para os animais. Entretanto, o uso dessa tecnologia pode trazer impactos ambientais severos devido à dificuldade de se fazer um aproveitamento sustentável do rejeito que é formado durante a dessalinização (SILVA et al., 2009).

Portanto, o uso de água salinizada deve ser feito de forma racional e controlada, pois a falta de conhecimento no uso desse recurso pode levar à total perda da cultura, além de inviabilizar o uso do solo para outras culturas ou até mesmo acelerar um processo de desertificação (SILVA, 2017).

5.4 SILÍCIO, MATÉRIA ORGÂNICA E *TRICHODERMA* COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO EM CULTURAS

Conforme Santos et al. (2016) a matéria orgânica, adicionado ao solo, além de favorecer a fertilidade, é uma importante fonte de cargas negativas. É a responsável tanto pela retenção quanto pela liberação de nutrientes para sua solução, especialmente o N, P e S através do processo de mineralização, contribuindo com a melhoria do solo em termos químicos, físicos e biológicos. Por essa razão, o uso de fontes de matéria orgânica como esterco e compostos orgânicos também tem sido bastante frequente no semiárido, em virtude dos seus efeitos positivos sobre as características físicas dos solos salinizados. Estes auxiliam na recuperação da estrutura e porosidade de tais solos, além de disponibilizar nutrientes que podem favorecer o crescimento das plantas cultivadas em condições de estresse salino.

Em estudo desenvolvido por Casas (2012) foi obtido bons resultados com a utilização de esterco caprino na produtividade de quinoa irrigada. O pesquisador obteve aumento linear do rendimento de grãos da quinoa com o aumento da dose de esterco de 0 para 12 Mg ha⁻¹, incrementando-se o rendimento em quase três vezes em relação à testemunha, sem adubação. Pode-se estimar neste trabalho que para cada 4 mg ha⁻¹ de incremento na dose de adubo orgânico, ocorreu um aumento de 63 kg ha⁻¹ (40%) no rendimento de grãos da cultura.

O *Trichoderma* é um fungo amplamente distribuído no mundo e apresenta alta diversidade genética e funcional, os seus mecanismos de ação podem envolver antibiose, microparasitismo e competição (Mukherjee et al., 2013) atua na promoção de crescimento de plantas, indução de resistência, supressão de patógenos de solo, entre outras (Harman et al., 2004; Waghunde et al., 2016), porém sua eficiência depende de fatores bióticos e abióticos, como temperatura, umidade, pH e disponibilidade de nutrientes, além de ser eficaz em aliviar os efeitos adversos do estresse salino (RUBIO et al., 2017; NIETO-JACOBO et al., 2017).

Existem relatos sobre os benefícios da associação entre rizobia e *Trichoderma* em algumas culturas de leguminosas (CHAGAS et al. 2017L); porém, o mecanismo pelo qual esses microorganismos contribuem para aliviar os efeitos negativos do estresse salino não são totalmente compreendidos.

Estudos realizados em laboratório e campo utilizando *Trichoderma* sp., em diversas culturas, têm mostrado redução nos sintomas causados por estresses abióticos, como deficiência hídrica, nutrientes e salinidade (BROTMAN et al., 2013; SOFO et al., 2014; FIORENTINO et al., 2018). Favorecendo em melhorias no desenvolvimento da planta, produtividade, parte

aérea, clorofila, tamanho, número de flores e frutos, favorece o crescimento de raízes secundárias e o peso fresco das plântulas (HERMOSA et al., 2012; STUDHOLME et al., 2013; MENDOZA-MENDOZA et al., 2018).

Sendo o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, o Silício é relatado com efeitos benéficos sobre as plantas aos quais envolvem: melhoria da eficiência de uso da água, mitigando vários estresses abióticos como a salinidade, seca e estresse nutricional, radiação excessiva, alagamento, imobilização de metais tóxicos e assimilação de CO₂ (KAFI, et al 2011; ZUN et al., 2014).

Os silicatos são sais onde a sílica é combinada com oxigênio ou outros elementos como o Al, Fe, Mg, Ca, Na, encontrado em cerca de 95% das rochas, formando assim os silicatos de cálcio (CaSiO₃), de magnésio (MgSiO₃), de sódio (Na₂SiO₃), e de potássio (K₂SiO₃) (HECKMAN, 2013).

O Si atualmente vem sendo utilizado em algumas hortaliças comerciais para favorecer na resistência aos estresses abióticos, pragas e doenças, porém seu uso ainda é bastante limitado (SAVVAS et al., 2015). O silício vem sendo utilizado para mitigar estresses e pesquisas atuais mostram efeitos benéficos da adubação com Si em espécies vegetais que foram submetidas a estresse de natureza biótica ou abiótica (ASHRAF et al., 2010; ALI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2013); toxicidade de Al (LIANG et al., 2001); estresse salino (HAGHIGHI e PESSARAKLI, 2013); déficit hídrico (CAO et al., 2015).

Outros estudos também comprovaram os efeitos benéficos do Si no crescimento de algumas espécies de plantas (soja, trigo, sorgo e milho) em condições de estresse salino, favorecendo a área foliar, teor de clorofila e proporcionando aumento da atividade fotossintética (TAHIR et al., 2012; BAE et al., 2012; YIN et al., 2013; HAGHIGHI e PESSARAKLI, 2013; ROHANIPOOR et al., 2013).

É de fundamental importância realizar estudos que avaliem a efetividade desses produtos tanto sobre o rendimento das culturas como sobre a recuperação de tais solos degradados por sais. É importante estudar seus efeitos não apenas isoladamente, mas também por meio de suas misturas, bem como associá-los ao método de fitorremediação, para verificar se os resultados no processo de reincorporação destes solos ao sistema produtivo serão potencializados, isto é, mais eficazes e eficientes na atenuação da salinidade.

5.5 QUINOA COMO ALTERNATIVA DE PRODUÇÃO VEGETAL SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO

A quinoa é uma dicotiledônia da família Amaranthaceae, sub família Chenopodioideae, com gênero *Chenopodium*, espécie *Chenopodium quinoa* (BHARGAVA et al., 2005; GEWEHR et al., 2012). A quinoa possui características que lhe permitem adaptar-se a diversas condições ambientais, considerada um “pseudocereal” e, até mesmo, uma “pseudossemente” oleaginosa (WAHLI, 1990; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Cultivada principalmente na Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru (BRADY et al., 2007). O maior produtor mundial, com 130 mil toneladas, é o Peru, seguido pela Bolívia com 92 mil toneladas e Equador com 16 mil toneladas. Altos rendimentos de grãos já foram registrados no Quênia (4 t ha^{-1}), assim como no Himalaia e nas planícies do norte da Índia (FAO, 2013).

No Brasil, a partir dos anos 90 iniciaram pesquisas pela Embrapa Cerrados para ensaio de adaptação desse grão ao cultivo no país. Após várias experiências e seleções, surgiu a primeira variedade BRS Piabiru, para cultivo granífero no Brasil adaptada às condições dos Cerrados, com excelentes rendimentos agrônômicos. Essa variedade foi originada da linhagem EC 3, selecionada a partir de uma população procedente de Quito, Equador (SPEHAR; SOUZA; 1993; SPEHAR; SANTOS, 2002).

A quinoa possui alto nível de resistência a diversos fatores adversos, como salinidade do solo, seca, geada, doenças e pragas (JACOBSEN et al., 2003). Tolerar solos com pH entre 4,8 a 9,5, devido as associações micorrízicas, e maximiza o uso de nutrientes escassos (MUJICA, 1994). Ademais, ela acumula íons de sal nos tecidos, o que ajusta o potencial hídrico da folha, permitindo à planta manter a turgência celular e limitar a transpiração sob condições salinas (JACOBSEN et al., 2001). Chilo et al. (2009), analisando o efeito da temperatura e salinidade sobre a germinação e crescimento de plântulas de quinoa no Chile, confirmaram a capacidade da quinoa de acumular solutos nos vacúolos das células epidérmicas do caule e das folhas, que é uma estratégia de adaptação da cultura a ambientes hostis, o que permite classificá-la como plantas halófitas.

A quinoa, apesar de possuir capacidade de adaptação ao solo e às condições climáticas adversas e possuir vários mecanismos de tolerância à seca e de escape, tem seu desempenho prejudicado com a falta d'água (GEERTS et al., 2008). Na produção da quinoa, a irrigação realizada em quantidade adequada, proporciona índices de produtividade acima da média da

cultura. Assim, por meio do uso da irrigação, é possível aumentar os rendimentos da cultura em locais com déficit de precipitação (GARCÍA, 2003; GARCÍA; et al., 2003).

Logo, a quinoa é uma cultura que necessita de mais estudos sobre o seu crescimento, desenvolvimento e produção sobre condições de salinidade e diferentes regimes hídricos.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Área do estudo

O estudo foi conduzido no período de março a maio de 2021, em casa de vegetação, em ambiente protegido, na Estação de Agricultura Irrigada da UFRPE, no município de Parnamirim, situado a 392 metros de altitude, e localizado na região do sertão central do estado de Pernambuco. De acordo com a classificação de Köppen-geiger, o clima é do tipo BSh' (semiárido), precipitação pluviométrica anual de 431,8mm, com chuvas de verão e temperatura média de 27°C (Brasil, 2018). O solo usado no experimento foi coletado de uma área de vale aluvial (8°08'379"S 39°57'42"W) da bacia hidrográfica do rio Brígida, a jusante da barragem do Fomento. De acordo com a Embrapa, (2013) o solo da área experimental se constitui de um Neossolo flúvico de textura média, que foi coletado da camada superficial (0 - 20 cm). Após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 2 mm para as caracterizações químicas e físicas (tabela 1); e em malha de 4 mm para a montagem do experimento.

Tabela 1. Caracterização química do solo, coletados na profundidade de 20 cm da área experimental. UFRPE, Parnamirim – PE, 2021.

Prof.	C.E	pH	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	T	SB	CTC	V
cm	dS/ M	-	g/kg	mg/ dm ³	-----				cmol _c /dm ³	-----			(%)	
0-20	4,88	6,07	22,02	86,19	0,42	0,33	8,8	5,34	0	0,92	15,82	14,89	15,82	94,1

Tabela 2. Análise de cátions solúveis do solo, coletados na profundidade de 20 cm da área experimental. UFRPE, Parnamirim – PE, 2021.

Cátions solúveis						
Prof.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	RAS	PS
cm	mmol /L-----				mmolc/L-	%
0-20	45,38	17,4	7,7	7,49	0,5 1,35	39,1

6.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Na instalação do experimento, todo o solo foi peneirado em malha de 4mm, homogeneizado e acondicionado em vasos de polietileno com 15 kg de solo. Com relação aos tratamentos envolvendo *Trichoderma* e silicato de potássio, foram aplicados via solo, 10ml de cada produto de acordo com recomendação do fabricante, e após 20 dias foi feita uma segunda aplicação, via solo, finalizando as aplicações de *trichoderma* e continuando com as de silicato, via foliar, na dosagem de 3ml por litro de água, totalizando 6 aplicações com intervalo de 15 dias cada. Com relação a matéria orgânica, foi utilizado esterco bovino, aplicando-se 380 gramas por vaso, o equivalente a 60 t ha⁻¹.

A implantação da quinoa se deu através do transplântio de mudas que foram produzidas em bandejas, transplantadas 15 dias após a germinação. A irrigação do experimento foi realizada em dois níveis de umidade: 30 e 80% da capacidade de campo, com água salina (Tabela 2), proveniente de um poço profundo, (60 metros), localizado na estação de agricultura, sendo classificada como água da classe C4S1 com alto risco de salinidade (AYERS & WESTCOT, 1991). O manejo da irrigação foi feito em dias alternados num turno de rega de 48 horas, e a quantidade de água usada em cada irrigação era determinada pela diferença de peso de 3 vasos testes com o peso do solo encontrado no teste de capacidade de campo, obtido pelo método da capilaridade.

Desse modo, o experimento consistiu de um arranjo fatorial 2x5, sendo 2 níveis de umidade do solo e 5 tratamentos, sendo eles: T1 – testemunha; T2 – silicato; T3 – silicato + matéria orgânica; T4 – silicato + *trichoderma*; T5 – Silicato + *trichoderma* + matéria orgânica, contabilizando 40 unidades experimentais. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições.

Tabela 3. Características química da água salina, utilizada no experimento. UFRPE, Parnamirim – PE, 2021.

pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	B	Cu	Fe	Mn	Zn	RAS
-	mS/cm	----- mmol/L -----				-----				----- mg/L -----			mmol/L- 0,5	

7,23	3,12	9,29	9,23	0,12	11,73	26,38	5,7	0,76	0,11	0,02	0,02	0,03	0,2	3,14

6.3 Características avaliativas

6.3.1 BIOMETRIA

Aos 30, 45 e 60 dias após o transplante das mudas, foram feitas avaliações biométricas referente à variável de crescimento altura da planta em cm, e o diâmetro do caule em mm. Aos 62 dias após o plantio (DAP) as plantas foram cortadas rente ao solo para realizar as características avaliativas, e foram divididas em raízes, hastes e folhas para pesagem da massa fresca, e depois colocadas em estufa a 65°C até atingirem peso constante para obtenção das massas secas. Toda matéria seca da parte aérea e raízes foi triturada em moinho, para determinação dos teores de sódio, potássio e cloreto.

6.3.2 ANÁLISES DO MATERIAL VEGETAL

Após secagem em estufa e obtenção da matéria seca, os tecidos de raízes, caules e folhas foram triturados em moinho de facas, e em seguida, criteriosamente foram separados 50 mg de amostra de material seco para extração por incubação em tubos de ensaio com tampas rosqueadas, contendo 10 ml de água ultra-pura, e fervidos em banho maria a 100 °C por 1 h. Os extratos foram filtrados em papel filtro WHATMAN N° 1 – Start BIOSCIENCE. Após a filtragem dos extratos em papel filtro, as amostras foram submetidas ao procedimento de fotometria para determinação dos teores de Na⁺ e K⁺ (Micronal, Mod. B462). Os teores de Na⁺ e K⁺ foram estimados com base em curva padrão (0 a 1000 µM) de NaCl e KCl, respectivamente, seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Para análise dos teores de cloreto nas raízes, caules e folhas, foi usada a metodologia de Malavolta et al. (1997),

onde foram coletadas amostras de 100 mg do material, usando-se cromato de potássio como solução indicadora e nitrato de prata para titulação.

6.3.3 AVALIAÇÕES NO SOLO

Ao final do experimento, com 62 dias após o plantio (DAP), foram coletadas amostras de solo de cada vaso para caracterização química. As amostras de solo foram submetidas as análises dos elementos solúveis, com o preparo da pasta de saturação pelo método descrito por Richards (1954).

No extrato da pasta saturada foram determinados a condutividade elétrica (CE a 25°C), pH e os cátions solúveis Na⁺ e K⁺ por fotometria de emissão de chama. O teor de cloreto foi obtido empregando-se a metodologia de titulação proposta por Mohr, usando-se o cromato de potássio como indicador.

No solo foi medido o pH em água (1:2,5), os cátions trocáveis, e calculada a porcentagem de sódio trocável (PST). Os teores de Na⁺ e K⁺ foram extraídos com solução de acetato de amônio 1 mol L⁻¹ e determinados por fotometria de emissão de chama, de acordo com a metodologia proposta por RICHARDS (1954). Os dados obtidos foram submetidos a uma verificação e constatação da distribuição normal e homocedasticidade, premissas da análise de variância, e posteriormente a uma análise de variância (ANOVA) com as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

6.3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos de solo e planta foram submetidos a uma verificação e constatação da distribuição normal e homocedasticidade, premissas da análise de variância, e posteriormente a uma análise de variância (ANOVA), com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para cada tratamento testado. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software R 4.1.1.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre o tratamento silicato + trichoderma; silicato + MO nos 80% da CC e a testemunha com 30% da CC, apresentando as maiores médias 117,7 cm e 105,8 cm, respectivamente. Não houve interação significativa entre os tratamentos e a Letras iguais em cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, letras maiúsculas para a Capacidade de Campo e minúsculas para tratamentos.

Em relação massa fresca da planta à adubação silicatada associada a MO no sistema irrigação de 80% da CC foi o melhor tratamento com 329 g planta⁻¹. Logo para massa seca da planta o silicato a 80% da CC com 68 g planta⁻¹ e silicato + trichoderma com 30% da CC com 50 g planta⁻¹, auxiliou a quinoa na adaptação ao estresse salino e hídrico (Figura 1).

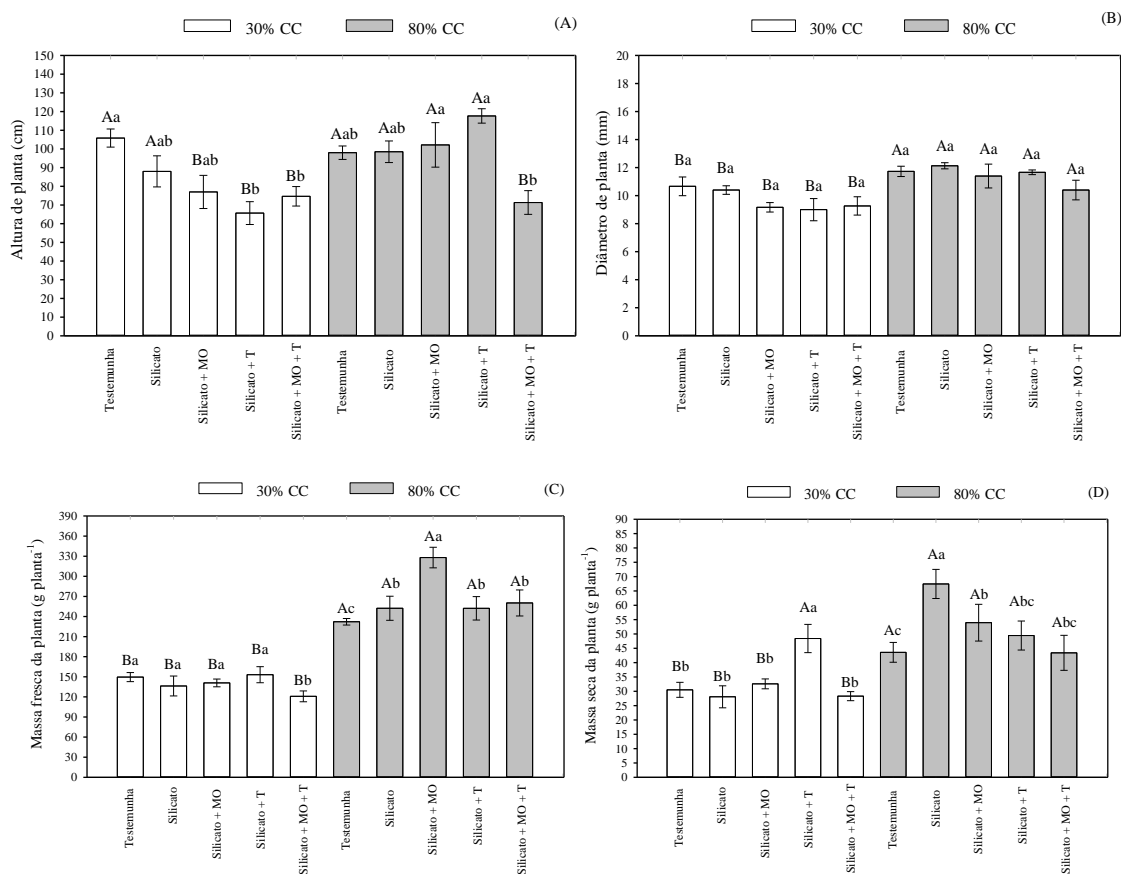


Figura 1. Altura de planta (A), Diâmetro de planta (B), Massa Fresca da Planta (C) e Massa seca da planta (D) de Quinoa com aplicação de condicionadores de solo para mitigar os efeitos do estresse salino. UFRPE - Parnamirim- PE, 2021.

Nesse cenário de estresse por salinidade, a aplicação de elementos benéficos como o silício (Si) indicou ser promissora juntamente com a irrigação com 80% da CC. Apesar de não

ser considerado um nutriente, o Si é responsável por proteger as plantas em condições de estresse abiótico (WALSH et al., 2018; CAMPOS et al., 2020).

Vários estudos têm demonstrado que a oferta de silício tem beneficiado o crescimento vegetal. Sales (2021) em estudo com quinoa na presença do Si em solução nutritiva apresentou efeitos benéficos sobre o desenvolvimento das plantas, observando maior biomassa da parte aérea em plantas que receberam Si, em estresse nutricional.

Estudos realizados utilizando *Trichoderma* sp., em diversas culturas, mostrou redução nos sintomas causados por estresses abióticos, como deficiência hídrica, e salinidade (Brotman et al., 2013; Sofo et al., 2014; Fiorentino et al., 2018). Favorecendo em melhorias no desenvolvimento da planta (HERMOSA et al., 2012; STUDHOLME et al., 2013; MENDOZA-MENDOZA et al., 2018).

Em relação a matéria orgânica em solos salinos e sódicos, apresenta efeito positivo, promovendo maior agregação às partículas do solo, diminuindo a dispersão promovida pelo sódio (FREIRE E FREIRE, 2007).

A maior massa verde e seca acumuladas nas plantas pode levar a quinoa a ser uma alternativa para os produtores, podendo a planta ser uma complementação na alimentação animal, uma vez que, é considerável a quantidade de proteínas e a palatabilidade da planta pelos animais (SPEHAR, 2006).

Apresentando aumento expressivo para maior condição de umidade de Solo 80% CC, a quinoa, pode ter sido menos influenciada pela salinidade devido sua maior tolerância. Isso pode ter ocorrido devido a quinoa ser uma halófita. Resultados estes que corroboram com a literatura evidenciando a capacidade de adaptação da quinoa a ambientes Salinos (JACOBSEN et al. 2003; CHILO et al. 2009; RUFFINO et al. 2010).

Apesar que a quinoa apresente capacidade de adaptação ao solo e às condições climáticas adversas, além de possuir diversos mecanismos de tolerância à seca e de escape, tem seu desempenho prejudicado pela falta de água (Geerts et al., 2008). Estudos com estresse hídrico com a variedade de quinoa Sajama, resultaram em baixo volume de massa seca (González et al., 2009). Tal resultado colabora com esse estudo onde as menores médias foram observadas com 30% da CC.

Os tratamentos com a capacidade de campo a 80% da CC não diferiram entre si, porém foram as melhores quando comparadas a capacidade de campo de 30% da CC para conteúdo de cloro, potássio e sódio na planta. Para a variável potássio na planta os tratamentos silicato e

silicato + trichoderma com 80% da CC e 30% da CC respectivamente foram os melhores tratamentos. Já para a concentração de sódio na planta com a lâmina de 80% da CC os tratamentos com silicato, silicato + MO e com lâmina de 30% da CC o tratamento silicato + trichoderma foram os melhores tratamentos (Figura 2).

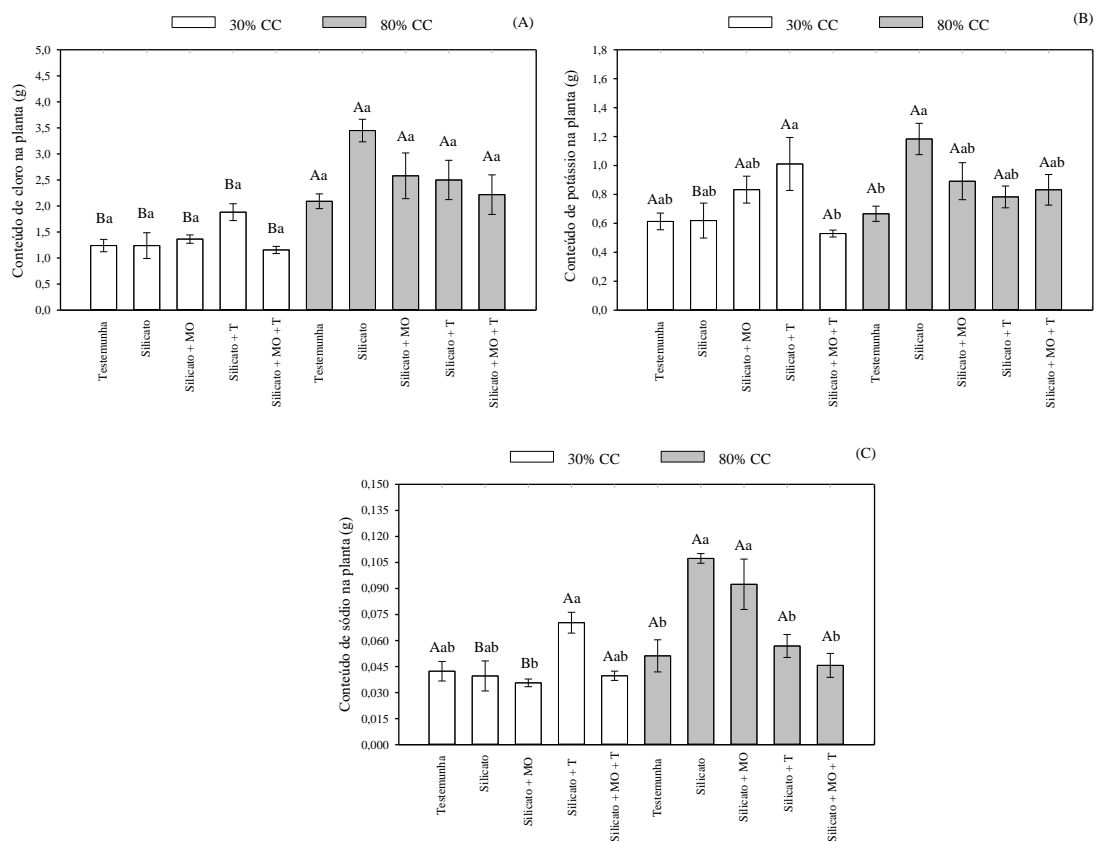


Figura 2. Cloro na planta (A), Potássio na planta (B), Sódio na planta (C) de Quinoa com aplicação de condicionadores de solo para mitigar os efeitos do estresse salino, UFRPE - Parnamirim- PE, 2021.

Letras iguais em cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade letras maiúsculas para a Capacidade de Campo e minúsculas para tratamentos.

Avaliando a interação entre salinidade e o uso de biofertilizante bovino sobre a condutividade elétrica do solo, Silva et al. (2011) constataram que a extração dos elementos essenciais e do sódio obedeceu a seguinte ordem: $Ca > K > Na$. Verificaram, também, que aplicação de biofertilizante bovino foi eficiente ao aumentar os totais extraídos de K, independente no nível de salinidade aplicado. Entretanto, os efeitos benéficos da aplicação de

biofertilizante bovino sobre o crescimento, trocas gasosas e extração de nutrientes, foram menos expressivos nos maiores níveis de salinidade da água de irrigação

Para as características avaliadas, pH do solo e condutividade elétrica não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Já para o sódio trocável a 80% da CC mostrou-se ser mais significativo comparado aos tratamentos 30% da CC (Figura 3).

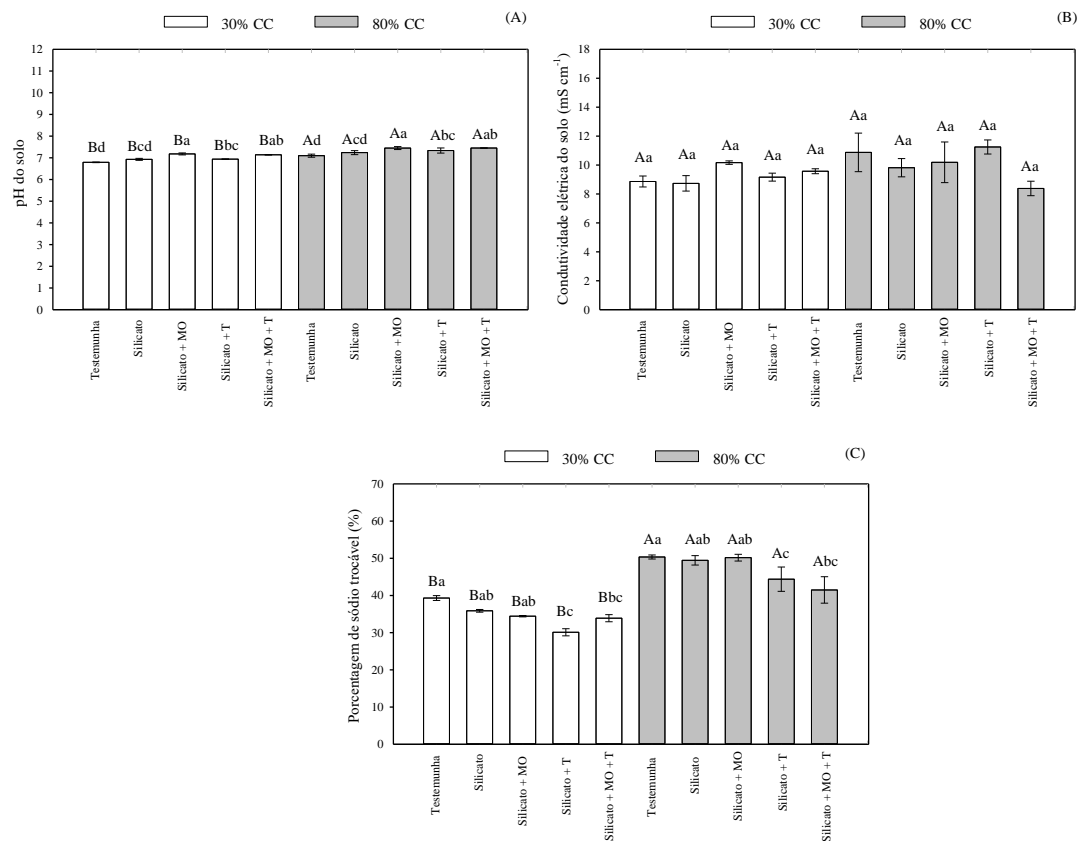


Figura 3. pH do solo (A), Condutividade elétrica do sódio (B), Sódio trocável (C) em Quinoa com aplicação de condicionadores de solo para mitigar os efeitos do estresse salino. UFRPE - Parnamirim- PE, 2021.

Letras iguais em cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade letras maiúsculas para a Capacidade de Campo e minúsculas para tratamentos.

Hernandez-Araujo et al. (2013) estudando a recuperação de um solo salino-sódico utilizando-se de esterco bovino e húmus de minhoca; verificaram que houve uma diminuição na condutividade elétrica, relação de adsorção do sódio e da porcentagem de sódio trocável, concluindo que a presença do esterco bovino e do húmus de minhoca mostram-se eficientes na recuperação deste solo, dentro do trabalho conduzido. Constatando, que a aplicação de material

orgânico deverá ser suplementada com outro condicionador de solo para ocorrer a troca catiônica com o Na^+ , além do processo de lavagem dos solos

O potássio apresentou maior média nas plantas que foram tratadas com silicato + MO com 30% da CC de $4,69 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Já para o íon sódio a maior média foi observada com os tratamentos testemunha e silicato + trichoderma, 139,00 e $140,83 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, respectivamente. A presença de cloro na planta apresentou maiores teores com silicato + trichoderma de $61,50 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e no tratamento controle $61,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Tabela 3).

Para os íons trocáveis potássio e sódio os maiores teores de $0,018$ e $7,967 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente nos tratamentos silicato+trichoderma+MO com 30% da CC; silicato+MO e Silicato+trichoderma+MO a 80% da CC. Testemunha e silicato + MO (Tabela 3).

Tabela 3. Resumos das análises dos Íons solúveis pós colheita, UFRPE – Parnamirim – PE, 2021

Letras iguais em cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, letras maiúsculas para a Capacidade de Campo

Íons solúveis (mmol _c L ⁻¹)										
ÍON	Nível de umidade									
	30 % CC					80 % CC				
	C	S	S+MO	S+T	S+T+MO	C	S	S+MO	S+T	S+T+MO
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,47Ac	2,58Ab	4,69Aa	2,59Ab	4,12Aa	1,21Ac	2,14Ab	2,47Bb	2,49Ab	3,83Aa
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	98,26Ba	90,35Ba	103,73Ba	102,51Ba	97,04Ba	139,00Aa	137,18Aa	135,35Aa	140,83Aa	106,77Aa
Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	47,00Ba	47,33Ba	47,83Ba	49,33Ba	46,00Ba	61,00Aa	54,17Aa	55,50Aa	61,50Aa	43,33Aa
Íons trocáveis (cmol _c kg ⁻¹)										
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,012Ac	0,015Ab	0,017Aa	0,015Ab	0,018Aa	0,011Ac	0,015Ab	0,018Aa	0,013Ab	0,018Aa
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	6,221Ba	5,678Bab	5,449Bab	5,077Bb	5,363Bb	7,967Aa	7,824Aab	7,938Aab	7,022Ab	6,565Ab

e minúsculas para tratamentos. C – controle; S – silicato; S+MO – silicato com matéria orgânica; S+T – silicato com trichoderma; S+T+MO – silicato com trichoderma e matéria orgânica.

8. CONCLUSÕES

As massas fresca e seca das plantas de quinoa em ambiente controlado foram reduzidas com o aumento do o estresse hídrico;

As plantas de quinoa apresentaram um melhor desempenho com o aumento do regime hídrico e com os condicionadores;

A utilização de silício conjugado com outros condicionadores proporcionou maior crescimento das plantas, e maiores teores de sódio, potássio e cloro;

A quinoa é uma alternativa para a produção em áreas com altos níveis de salinidade na água de irrigação.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI A, BASRA SMA, HUSSAIN S, IQBAL J. Increased growth and changes in wheat mineral composition through calcium silicate fertilization under normal and saline field conditions. **Chil. J. Agric. Res.** 2012;72:98-103.

ALMEIDA NETO, O.B.; MATOS, A.T.; ABRAHÃO, W.A.P.; COSTA, L.M. & DUARTE, A. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de Latossolos. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1571-1581, 2009

AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. (Org.). Primeiro relatório da avaliação sobre mudanças climáticas: base científica das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: UFRJ, COPPE, 2014. **(Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas)**

Amorim, J. R. A. de; Resende, R. S.; Holanda, J. S. de; Fernandes, P. D. Qualidade da água na agricultura irrigada. In: Albuquerque, P. E. P. de; Durães, F. O. M. (ed.) *Uso e manejo de irrigação*. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2008. cap.6, p.255- 316.

APSE, M.P.; BLUMWALD, E. Na⁺ transport in plants. **FEBS letters**, v. 581, n. 12, p. 2247-2254, 2007

ASHRAF, M.; OZTURK, M.; AHMAD, M. S. A. **Plant Adaptation and Phytoremediation**. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York, 2010. 481 p

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de CHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F., DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande, UFPB, 1991.XXVIII, 218 p., (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. (1999). **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande - PB: UFPB. Tradução de Gheyi, H.R.; Medeiros, J.F.; Damasceno, F.A.V.,1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).

BAE, Y.K., TRISNADI, N., KADAM, S., STATHOPOULOS, A. (2012). The role of FGF signaling in guiding coordinate movement of cell groups: Guidance cue and cell adhesion regulator? **Cell Adh. Migr.** 6(5): 397--403.

BHARGAVA A., SHUKLA S., OHRI D., 2005. Karyotypic studies on some cultivated and wild species of *Chenopodium* (Chenopodiaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution (in press)**.

BRASIL. Acervo digital geográfico e populacional do semiárido nordestino. Instituto Nacional do Semiárido e Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro - INSA/SIGSAB, 2010. Disponível em: [http:// sigsab.insa.gov.br/acervoDigital](http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital)

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria de Minas e Metalurgia; CPRM– Serviço Geológico do Brasil [CD ROM] Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil, Sistema de Informações Geográficas± SIG. Mapas na escala 1:2.500.000. **Brasília**: CPRM, 2001. Disponível em 04 CD'

BRASIL. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. 5.ed. Embrapa: Brasília, 2018.

BROTMAN, Y.; LANDAU, U.; CUADROS-INOSTROZA, Á.; TOHGE, T.; FERNIE, A. R.; CHET, I.; VITERBO, A.; WILLMITZER, L. Trichoderma-plant root colonization: escaping early plant defense responses and activation of the antioxidant machinery for saline stress tolerance. **PLoS Pathogens**, v. 9, n. 4, e1003221, 2013.

CAMIENER GW (1967) Studies of the enzymatic deamination of cytosine arabinoside—III: Substrate requirements and inhibitors of the deaminase of human liver. **Biochem Pharmacol** 16: 1691–1702

CAMPOS, C. N. S.; DA SILVA JÚNIOR, G. B.; DE PRADO, R. M.; DE DAVID, C. H. O.; DE SOUZA JUNIOR, J. P.; TEODORO, P. E. Silicon mitigates ammonium toxicity in plants. **J. Agron**, v. 112, p. 635–647, 2020.

CAO, Y. R., CHEN, H. W., LI, Z. G., TAO, J. J., MA, B., ZHANG, W. K., et al. (2015). Tobacco ankyrin protein NEIP2 interacts with ethylene receptor NTHK1 and regulates plant growth and stress responses. **Plant Cell Physiol**. 56, 803–818. doi: 10.1093/pcp/pcv009

CASAS, R. M. **Adubação orgânica em condições de irrigação suplementar e seu efeito na produtividade da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) no planalto da Bolívia**. Santa Maria - RS. 2012. 99 páginas.

CHAGAS, L. F. B. et al. Trichoderma asperellum efficiency in soybean yield components. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 165 – 169, 2017;

CHILO, G. et al. Efecto de La temperatura y salinidad sobre La germinación y crecimiento de plantulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. **Agriscientia**, Córdoba, Argentina, v. 26, n.1, p. 15-22, 2009.

DRUZHININA, I. S.; SEIDL-SEIBOTH, V.; HERRERA-ESTRELLA, A.; HORWITZ, B. A.; KENERLEY, C. M.; MONTE, E. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews. Microbiology**, v. 9, p. 749-759, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 353 p.

FAO. **Distribution and Production. International Year of Quinoa Secretariat.**, 2013.

FIORENTINO, N.; VENTORINO, V.; WOO, S. L.; PEPE, O.; DE ROSA, A.; GIOIA, L.; ROMANO, I.; LOMBARDI, N.; NAPOLITANO, M.; COLA, G.; ROUPHAEL, Y. Trichoderma-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve N uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 743, 2018.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. cap.16, p.929-954.

FREITAS, V.S. Aspectos fisiológicas e bioquímicos relacionados com a tolerância à salinidade em algodão, feijão de corda e sorgo. 2010. 97p. **Dissertação** (Mestrado em Bioquímica) Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

FRENKEL, H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: Shainberg. I.; Shalhevet, J. **Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.143-172.

GEERTS, S.; RAES, D.; GARCIA, M.; VACHER, J.; MAMANI, R.; MENDOZA, J.; TABOADA, C. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 427-436, 2008.

GEWEHR, M. F.; DANELLI, D.; MELO, L. M.; FLÔRES, S. H.; JONG, E.V. Análises químicas em flocos de quinoa: caracterização para a utilização em produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 4, p. 280-287, 2012

GLENN, E.; BROWN, J.; O'LEARY, J. W. Irrigating Crops with Seawater. **Scientific American**, v. 279, n. 8, p. 56-61, 1998.

GNADLINGER, J. **Captação de água de chuva: Uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas**. In: MEDEIROS, Salomão de Sousa et al. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. 1. ed. Instituto Nacional do Semiárido, p. 325-360, 2011.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. DE FRANÇA E. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.4, p.355-361, 2000.

GONZÁLEZ, J. A. et al. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning. **Botanical studies**, Taipei, Taiwan, v.50, p. 35-42, 2009.

GUEDES, R.A.A.; OLIVEIRA, F.A.; ALVES, R.C.; MEDEIROS, A.S.; GOMES, L.P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.913– 919, 2015.

HAGHIGHI M, PESSARAKLI M (2013) Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*L.) at early growth stage. **Scientia Horticulturae** 161:111–117.

- HARMAM, G.E.; HOWELL, C.R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v.2, p.43-56, 2004.
- HECKMAN, B.J. Silicon: A Beneficial Substance. **Better Crops**, v.97, n.4, 2013.
- HERMOSA, R; VITERBO, A; CHET, I; MONTE, E. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, v. 158, p. 17-25, 2012.
- HERNÁNDEZ-ARAUJO, J.A. et al. Biorrecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. II. Lavado de sales. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**, v.30,p.481-503, 2013.
- HOORN, J. W. VAN. Quality of irrigation water, limits of use of longterm effects. In: Salinity Seminar, Baghdad. Rome: FAO, 1971. p.117-135. FAO. **Irrigation and Drainage Paper**.
- JACOBSEN, S. E.; MUJICA, A.; JENSEN, C. R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. **Food Reviews International**, v. 19, p. 99-109, 2003.
- JACOBSEN, S.E., QUISPE, H., MUJICA, A., 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. In: **Scientist and Farmer**
- KAFI, M.; RAHIMI, Z. 2011. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). **Soil Science Plant Nutri**, v. 57, p. 341–347, 2011.
- LACERDA, C. F.; COSTA, R. N.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. 2010, p.303-318.
- LIANG, Y.; YANG, C.; SHI, H. Effects of silicon on growth and mineral composition of barley grown under toxic levels of aluminum. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.2, p. 229-243, 2001.
- LORITO, M.; WOO, S. L.; HARMAN, G. E.; MONTE, E. Translational research on *Trichoderma*: from ‘omics to the field. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 395-417, 2010

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997.319p.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 27, p. 149-175, 2008.

MATEOS, N., E.; ANDRADES, M, L.; DAVY, A. J. Silicon alleviates deleterious effects of high salinity on the halophytic grass *Spartina densiflora*. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 63, n. 1, p. 115-121, 2013.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

MEDEIROS, J.F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 1992. 173p. Dissertação Mestrado

MENDONÇA AO, TAVARES LC, BRUNES AP, MONZÓN DLR, VILLELA FA. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após a adubação silicatada. **Biosc. Jour**. 2013;29:1154-1162.

MENDOZA-MENDOZA, A.; ZAID, R.; LAWRY, R.; HERMOSA, R.; MONTE, E.; HORWITZ, B. A.; MUKHERJEE, P. K. Molecular dialogues between *Trichoderma* and roots: role of the fungal secretome. **Fungal Biology Reviews**, v. 32, n. 2, p. 62-85, 2018.

MORAIS NETO, L. B. **Avaliação temporal do acúmulo de fitomassa e trocas gasosas do capim-canarana em função da salinidade da água de irrigação**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. 74p. Dissertação Mestrado

MORENO CORELLES, J. PÉREZ MURCIA, M. D.; MORAL HERRERO, R. Análisis y calidad del agua de Riego. **Valencia: Servicios de Publicaciones de la UPV**. E.T.S.A.O. 1996. 220 p. (Livro – Apunte, 58)

MUJICA, A., 1994. Andean grains and legumes. In: Hernando Bermujo, J.E., Leon, J. (Eds.), *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*, vol. 26. FAO, **Rome, Italy**, pp. 131–148

MUKHERJEE, P. K.; HORWITZ, B. A.; HERRERA-ESTRELLA, A.; SCHMOLL, M.; KENERLEY, C. M. Trichoderma research in the genome era. **Annual Review of Phytopathology**, v. 51, p. 105-129, 2013.

MUNNS, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.167, n.3, p.645-663.

NIETO-JACOBO, M. F.; STEYAERT, J. M.; SALAZAR-BADILLO, F. B.; NGUYEN, D. V.; ROSTÁS, M.; BRAITHWAITE, M.; DE SOUZA, J. T.; JIMENEZ-BREMONT, J. F.; OHKURA, M.; STEWART, A.; MENDOZA-MENDOZA, A. Environmental growth conditions of *Trichoderma* spp. affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 102, 2017.

PRADO, F. E. et al. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taiwan, v.41, p. 27-34, 2000.

QUISPE, J.; JACOBSEN, S. **Tolerancia a la Salinidad en Quinoa. In: Primer Taller Intemacional sobre Quinoa: Recursos genéticos y sistemas de producción.** Editor Por el Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima; 2001;181-182

RAJESH R. WAGHUNDE, RAHUL M. SHELAKI AND AMBALAL N. SABALPARA. Trichoderma: A significant fungus for agriculture and environment, **African Journal of Agricultural Research**, Vol. 11(22), pp. 1952-1965, 2 Jun, 2016.

RHOADES, J.D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, B.A., NIELSEN, D.R. Irrigation of agricultural crops. **Madison: American Society of Agriculture**, 1990. p. 1091-1142 (Agronomy Series, 30)

RICHARDS, L. A. **Diagnostics and improvement of salinity and alkali soil.** Washington, D.C: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p (United States Department of Agriculture. Handbook).

ROHANIPOOR, A.; NOROUZI, M.; MOEZZI, A. et al. Effect of Silicon on Some Physiological Properties of Maize (*Zea mays*) under Salt Stress. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, v.7, n.20, p.71-79, 2013.

RUBIO, M. B.; HERMOSA, R.; VICENTE, R.; GÓMEZ-ACOSTA, F. A.; MORCUENDE, R.; MONTE, E.; BETTIOL, W. The Combination of *Trichoderma harzianum* and Chemical Fertilization Leads to the Deregulation of Phytohormone Networking, Preventing the Adaptive Responses of Tomato Plants to Salt Stress. **Frontiers In Plant Science**, v. 8, p. 294, 2017.

RUBIO, M. B.; QUIJADA, N. M.; PÉREZ, E.; DOMÍNGUEZ, S.; MONTE, E.; HERMOSA, R. Identifying beneficial qualities of *Trichoderma parareesei* fo

RUBIO, M. B.; QUIJADA, N. M.; PÉREZ, E.; DOMÍNGUEZ, S.; MONTE, E.; HERMOSA, R. Identifying beneficial qualities of *Trichoderma parareesei* for plants. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 80, p. 1864-1873, 2014.

RUFFINO, A.M.C. et al. The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings growing under salinity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 326, n.2, p. 213–224, 2010.

SALES, A. C. **SILÍCIO MITIGA ESTRESSE POR DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM PLANTAS DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.)** 2021. 42 p. Dissertação (Agronomia-Produção Vegetal.) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

SANTOS, M. F. G.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, J. F. DE; SOUZA, C. C. Solo sódico tratado com gesso agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.9, p.307-313, 2005.

SANTOS, R. L. B.; SPEHAR, C. R.; VIVALDI, L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) reaction to herbicide residue in a Brazilian Savannah soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 6, p. 771-776, 2003.

SAVVAS, D.; NATATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Review, Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 66 – 81, 2015.

SHORESH, M.; HARMAN, G. E.; MASTOURI, F. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 21-43, 2010.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUZA, G. G.; NEVES, A L. R.; SOUZA, G. L. S Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 15 Abr 2011 <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000400009>

SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. V. T.; MEDEIROS, J. F. 2011. Evolução da salinidade em solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.7, n.4, p.26-31.

SILVA, J.R.R.; MISTURA C.. ARAÚJO, G.G.L.; PORTO, E.R.; VOLTOLINI, r.v, OLIVEIRA, P.T.L.; SANTOS, O.O. **Produção de erva-sal cultivada em diferentes espaçamentos e irrigada com rejeito de dessalinizadores no semiárido**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. Anais... Maringá: SBZ: UEM, 2009. I CD-ROM.

SOFO, A.; NUZZACI, M.; VITTI, A.; TATARANNI, G.; SCOPA, A. Control of biotic and abiotic stresses in cultivated plants by the use of biostimulant microorganisms. In: AHMAD, P.; WANI, M.; AZOOZ, M.; TRAN, L. S. (Eds.). **Improvement of crops in the era of climatic changes**. New York: Springer, 2014.

SOUZA, C. H. C. **Análise da tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão**. 2007. 73 p. Dissertação (Agronomia-Irrigação e Drenagem) –Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, L. A. C; SPEHAR, Carlos Roberto; SANTOS, Roberto Lorena Bastos. Análise de imagem para determinação do teor de saponina em quinoa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.39, n.4, p.397-401, abr. 2004.

SPEHAR, C. R. Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) BRS Piabiru alternative for crop diversification. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do planalto central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 5, p. 635- 639, 1993

STUDHOLME, D. J.; HARRIS, B. D.; LE COCQ, K.; WINSBURY, R.; PERERA, V.; RYDER, L. S.; WARD, J. L.; BEALE, M. H.; THORN-TON, C. R.; GRANT, M. Investigating the beneficial traits of *Trichoderma hamatum* GD12 for sustainable agriculture - insights from genomics. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, article 258, 2013.

SZABOLCS, I., 1979. **Review on Research of Salt Affected Soils**. UNESCO. Paris.

Tahir, M. ; Shim, M. Y. ; Ward, N. E. ; Smith, C. ; Foster, E. ; Guney, A. C. ; Pesti, G. M., 2012. Phytate and other nutrient components of feed ingredients for poultry. **Poult. Sci.**, 91 (4): 928–935

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954 p

TESTER, M.; DAVÉNPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 19, p. 503- 527, 2003.

VEGA-GALVEZ A., MIRANDA, A* M., VERGARA A. J., URIBE, A E. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review **A Mart´inez Journal of the Science of Food and Agriculture** · December 2010 Doi 10.1002/jsfa.4158

WAHLI, C. **Quínua: hacia su cultivo comercial**. Quito: Latinreco S. A., 1990. 206 p.

WALSH, O. S.;SHAFIAN, S.;MCCLINTICK-CHESS, J. R.;BELMONT, K. M.;BLANSCET, S. M. Potential of Silicon Amendment for Improved Wheat Production. **Plants**, n. 7, v. 26, p. 1-13, 2018.

WATSON, M. C., 1990. *Atriplex* species as irrigated forage crops. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 32 (1-2): 107–118

WILCOX, L.V., DURUM, W.H. Quality of irrigation water. In. HAGAN, R.M., HAISE, R.H., EDMINISTER, T.W. (ed.) Irrigation of agricultural lands. Madison: American **Society of Agronomy**, 1967 Chapter 9. p. 104 - 122. (Agronomy, 11).

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: Yaron, E.; Danfors, E.; Vaadid, Y. (eds.). Arid zone irrigation. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.71-85. **Ecological Studies**.

YIN, Z., SADOK, A., SAILEM, H., MCCARTHY, A., XIA, X., LI, F., GARCIA, M.A., EVANS, L., BARR, A.R., PERRIMON, N., MARSHALL, C.J., WONG, S.T., BAKAL, C. (2013). A screen for morphological complexity identifies regulators of switch-like transitions between discrete cell shapes. **Nat. Cell Biol.** 15(7): 860--871.