

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

KAROLINE DAL ROSSO GUERIM

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE *Tagetes erecta* L. NA FITOEXTRAÇÃO DE SÓDIO

**Itaqui
2024**

KAROLINE DAL ROSO GUERIM

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE *Tagetes erecta* L. NA FITOEXTRAÇÃO DE SÓDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho

**Itaqui
2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

G932a Guerim, Karoline Dal Rosso
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE Tagetes erecta L. NA FITOEXTRAÇÃO
DE SÓDIO / Karoline Dal Rosso Guerim.
40 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2024.

"Orientação: Paulo Jorge De Pinho".

1. Salinidade. 2. Plintossolo. 3. Fitorremediação. 4.
Recuperação de solo. I. Título.

KAROLINE DAL ROSSO GUERIM

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE *Tagetes erecta* L. NA FITOEXTRAÇÃO DE SÓDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 04 de Dez. de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Anderson Weber
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Luciana Zago Ethur
UNIPAMPA

Dedico este trabalho ao meu avô João Carlos Dal Rosso (*in memoriam*), o qual não esteve presente fisicamente em minha jornada, mas esteve diariamente em meu coração e espiritualmente, e para minha mãe Eliane Resta Dal Rosso, pois sem ela e todo seu amor, apoio e dedicação, eu não teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, sem a permissão dele, jamais teria chegado até aqui, juntamente com meus guias espirituais e Orixás (principalmente ao meu pai Xangô, dono do meu orí) que me acompanham desde o meu nascimento, me deram a centelha da vida, o caminho para percorrer e a força para nunca desistir. Além disso, agradeço a Deus também, pela família a qual me presenteou: Minha mãe Eliane, meu pai Rafael, meu irmão Gabriel, minha irmã Bruna, meu irmão Matheus, minha sobrinha Raphaela e meu cunhado Raphael. Essa mesma família foi quem me motivou todos os dias a não desistir, a ser uma pessoa melhor a cada dia que passava, ter vocês ao meu lado, é a coisa mais especial e que estimo em minha vida, sem seus braços me impulsionando e até mesmo me erguendo, quando pensei em inúmeras vezes desistir, por achar que não conseguiria chegar até o fim, mas cá estamos, juntos! Agradeço a minha Yalorixá Mãe Mafalda de Obá, minha segunda mãe, a mãe espiritual que escolhi, que me guia, me incentiva e não me deixa cair, como sempre diz “filha se fosse fácil, com certeza não seria pra nós, então vamos lá”, a mãe que está sempre disponível para ajudar a todos, sabe as palavras certas para cada momento, juntamente de minha família, és uma das pessoas mais importantes da minha vida, e se cheguei aqui tem muito da senhora comigo também. Falando de mãe, não poderia deixar de fazer um agradecimento em especial a minha mãe biológica Eliane, a qual é a razão de tudo em meus dias, é o amor da minha vida, é minha amiga, inspiração como mulher e profissional, foi quem me deu todo suporte e incentivo para chegar até aqui, principalmente, quando eu era a pessoa que menos acreditava em mim mesma, enquanto eu me lamentava ela sempre dizia “calma filha, vai dar tudo certo, tu vai ir bem, pai xangô está contigo e eu também”, mãe, essa conquista é nossa, nosso sonho está logo ali! Quero agradecer ao meu irmão Gabriel, que me acompanhou dia após dia nessa jornada, dias e noites estudando, trabalhando, morando, tudo juntos, teu apoio e carinho foi imprescindível para eu chegar até aqui. Agradeço aos meus amigos, da faculdade que se tornaram para a vida e aqueles que me acompanham antes dela: Larissa, Ana, Daniela, Gabrielly, Eduarda, Aleksandra, Lara, Nayarah, Guilherme, Norival, Rafael e Pedro. Além disso, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Jorge de

Pinho, gratidão pelo apoio, incentivo, dedicação e atenção, sem o senhor nada teria sido possível, obrigada por compartilhar comigo seu conhecimento e vivências, com certeza serão de grande valia para mim como futura profissional, tenho orgulho de dizer que tive o senhor auxiliando-me neste percurso. Por fim, mas não menos importante, agradeço ao meu pai Serafim, que me impulsionou a superar todos os problemas pessoais que me deparei na reta final, para que eu chegasse até este momento e curou todas as dores que me amarravam e me impediam de acreditar em mim mesma.

“Procure descobrir o seu caminho na vida,
ninguém é responsável pelo nosso
destino, a não ser nós mesmos”.

Chico Xavier.

RESUMO

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE *Tagetes erecta* L. NA FITOEXTRAÇÃO DE SÓDIO

Solos com problemas de salinidade são encontrados em todas as partes do mundo, comprometendo produtividade agrícola e características físico-químicas desses solos. Neste estudo objetivou-se avaliar a *Tagetes erecta* L. como fitoextratora de sódio em um plintossolo, na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, contando com cinco tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados vasos de plástico de volume conhecido (10L). As mudas transplantadas estavam em estágio pré-antese, as plantas foram cultivadas com os tratamentos culturais necessários para a cultura. Avaliou-se comprimento de raiz, volume de raiz, massa de matéria seca total, altura de plantas, diâmetro de caule. Os dados foram submetidos à análise de variância e a análises de regressão. Os resultados apontaram que a *Tagetes erecta* L. apresentou moderada tolerância ao estresse salino, com desenvolvimento positivo em baixas e médias doses de porcentagem de sódio total (PST), entretanto em doses altas a planta apresentou baixo desenvolvimento e crescimento. Conclui-se que a planta possui moderado potencial para fitoextração, sendo uma alternativa para área com um bom manejo e opção para estudos de melhoramento genético com foco em fitoextração.

Palavras-Chave: Salinidade; Plintossolo; Fitorremediação; Recuperação de solo.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF *Tagetes erecta* L. IN SODIUM PHYTOEXTRACTION

Soils with salinity problems are found in all parts of the world, compromising agricultural productivity and the physical-chemical characteristics of these soils. This study aimed to evaluate *Tagetes erecta* L. as a sodium phytoextractor in a plinthosol, on the western border of Rio Grande do Sul. The experiment was conducted in a completely randomized design, with five treatments and four replications. plastic of known volume (10L). The transplanted seedlings were in the pre-anthesis stage, the plants were cultivated with the cultural treatments necessary for the culture. Root length, root volume, total dry matter mass, plant height and stem diameter were evaluated. The data were subjected to analysis of variance and regression analysis. The results showed that *Tagetes erecta* L. showed moderate tolerance to saline stress, with positive development at low and medium doses of percentage of total sodium (TSP), however at high doses the plant showed low development and growth. It is concluded that the plant has moderate potential for phytoextraction, being an alternative for an area with good management and an option for genetic improvement studies focusing on phytoextraction.

Keywords: Salinity; Plinthosol; Phytoremediation; Soil recovery.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Inflorescência de <i>Tagetes erecta</i> L. | 16 |
| Figura 2. Gráfico de modelo ajustado para Número de Inflorescências de <i>T. erecta</i> em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 19 |
| Figura 3. Fotografia demonstrando a diminuição de inflorescências de <i>T. erecta</i> conforme aumento da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 20 |
| Figura 4. Porcentagem de Sódio Total (PST) 0% com cortes longitudinais, mostrando os ovários íferos das flores e receptáculo floral das inflorescências | 22 |
| Figura 5. Porcentagem de Sódio Total (PST) 3,25%, onde as inflorescências de <i>T. erecta</i> mostram sintoma de necrose nas flores centrais do receptáculo floral da inflorescência | 22 |
| Figura 6. Modelo ajustado para Diâmetro de inflorescências em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 23 |
| Figura 7. Modelo ajustado para Matéria seca de inflorescências em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 24 |
| Figura 8. Modelo ajustado para Matéria seca total de parte aérea de <i>T. erecta</i> em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 25 |
| Figura 9. Folhas de <i>T. erecta</i> com sintoma de clorose, seguida de necrose | 27 |
| Figura 10. Folha de <i>T. erecta</i> com sintoma de clorose, seguida de necrose | 27 |
| Figura 11. Modelo ajustado para matéria seca de raiz em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 28 |
| Figura 12. Modelo ajustado para comprimento de raiz em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 29 |
| Figura 13. Modelo ajustado para volume de raiz em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 30 |

| | |
|--|----|
| Figura 14. Comparativo visual de volume e comprimento radicular | 31 |
| Figura 15. Modelo ajustado para diâmetro de caule em função da Porcentagem de Sódio Total (PST) | 32 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Resultado da análise físico-química do solo..... | 18 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 17 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 19 |
| 4.2 Diâmetro de inflorescência..... | 25 |
| 4.3 Matéria seca de inflorescência..... | 26 |
| 4.4 Matéria seca total da parte aérea..... | 27 |
| 4.5 Matéria seca de raiz..... | 29 |
| 4.6 Comprimento de raiz..... | 30 |
| 4.7 Volume de raiz..... | 32 |
| 4.8 Diâmetro de caule..... | 34 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 35 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 35 |

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso renovável, que possui inúmeras implicações do ponto de vista produtivo, seja para produção animal ou vegetal, pois é responsável por suprir as necessidades nutricionais das plantas. Todavia, em alguns locais devido à condições ambientais específicas, como ações humanas mal executadas, o potencial do solo acaba sendo comprometido, acarretando baixas produtividades e desequilíbrios ecológicos, que, por vezes, acabam sendo irreversíveis (Souza, 2010).

Além disso, uma das maiores preocupações mundiais atualmente, é o meio ambiente, que vem cada vez mais sendo degradado. Solos e águas contaminadas, tornam-se cada vez mais comuns e tomam proporções que interferem negativamente na qualidade de vida e produtividade agrícola no planeta (Pajevic et al., 2009).

A salinização do solo é um problema em nível mundial. Crê-se que bilhões de hectares agricultáveis, atualmente, apresentam este problema que resultam em áreas irrigadas com redução de produção em detrimento do excesso de sais (Keiffer & Ungar, 2002; Horney et al., 2005). No Brasil, problemas com salinidade ocorrem em cerca de 25% das áreas irrigadas da região Nordeste (Gheyi, 2000). Não obstante, vale ressaltar que, a salinidade e sodicidade do solo são umas das principais responsáveis pela degradação do ambiente semiárido, acarretando danos aos atributos físico-químicos do solo, crescimento e desenvolvimento de plantas, e também para a sociedade no geral (Souza et al., 2008; Ashraf, 2009; Ashraf & Akram, 2009).

A pauta salinização de solos, não é nova, pois os problemas com excesso de sais em solo, são de conhecimento humano há muito tempo, todavia, a proporção desse fenômeno, tem aumentado por conta de ações antrópicas, como por exemplo o uso de terras marginais e manejo inadequado de irrigação do solo (Leal, 2008). Os locais onde o lençol freático é muito elevado e a drenagem deficiente, o problema pode ser agravado, o que ocorre em algumas regiões da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, o que acaba contribuindo para a dispersão de sais no perfil do solo (Ribeiro et al., 2003).

Sendo assim, torna-se de suma importância o estudo e implementação de práticas de recuperação desses solos, que sejam viáveis, tanto financeiramente quanto operacionalmente. A partir desse âmbito adentra-se a técnica de fitorremediação, a qual, uma de suas práticas é a fitoextração, que tem por base a fisiologia vegetal, a bioquímica do solo e a química do contaminante, que promoverá a reparação do solo e de sua dinâmica biológica, (Merkl et al., 2006). Além disso, Ravindram et al. (2007), comentam como possibilidade o uso de halófitas nesse processo e Jordan et al. (2009), expõem a necessidade de caracterizar como são os padrões de crescimento dessas plantas em condições salinas. As pesquisas nessa área são precárias e devem ser fomentadas, para que o uso dessas plantas juntamente com a técnica de fitoextração seja conhecida e difundida com propriedade.

Dentre as espécies como potencial fitorremediador, especula-se a *Tagetes erecta* L., conhecida popularmente como cravo-amarelo. Alguns estudos recentes, indicaram esta Asteraceae como uma potencial acumuladora de metais pesados, propensa a auxiliar na recuperação de solos degradados por contaminação destes metais. Coelho et al. (2017), avaliaram o potencial da planta em fitorremediação de cromo (Cr) em solos contaminados, demonstrando a relevância da mesma para descontaminação de ambientes agrícolas afetados por práticas errôneas de manejo.

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é composto por quatro províncias geomorfológicas, as quais possuem sua origem geológica diferentes, que vai desde o período Carbonífero e a formação da Pangeia até a fragmentação de Gondwana (Streck et al., 2018). Vale ressaltar que a Planície Costeira deste estado, é formada por oscilações do nível do mar, no período do Neógeno e Quaternário, isso inclui locais de praia e lagoa, as quais são suscetíveis à salinização. Entretanto, não são as únicas áreas do estado que possuem problemas com excesso de sais. A fronteira oeste do Estado já vive essa realidade em determinados pontos (Streck et al., 2018).

Neste trabalho, utilizou-se um solo denominado como plintossolo, o qual tem características que o tornam suscetível à salinização. Este solo possui uma particularidade que é a presença de plintita, que é composta por segregações de óxidos de ferro (Fe), possui drenagem moderada imperfeita, atributos esses que favorecem a retenção de sais no solo (Santos et al., 2018).

Diante disso, o presente trabalho propôs estudar a capacidade de *T. erecta*, de ser uma planta fitoextratora de sódio (Na) em um plintossolo, na fronteira oeste

do Rio Grande do Sul, além de ampliar o leque de pesquisa sobre fitoextração, o qual atualmente é carente de pesquisas científicas e dados atualizados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Solos e águas salinizados são encontrados comumente e de forma natural em regiões que possuem o clima árido e semiárido ocorrendo também em áreas agrícolas, que hoje sofrem com problemas de salinidade, mas anteriormente já foram produtivas, e hoje possuem essa limitação decorrente de fatores antrópicos (Rhoades et al., 1999).

A irrigação é um manejo eficaz e essencial no meio agrícola, principalmente, para quem deseja alcançar altas produtividades. Todavia, a má utilização desta prática pode acarretar em problemas de salinização, em todas as regiões, mas torna-se mais agravada nas localidades áridas e semi-áridas, trazendo diminuição de produtividade e em alguns casos, abandono destes solos, havendo assim problemas econômicos, sociais e ecológicos (Ferreira et al., 2006).

Acúmulos de sais no perfil do solo comprometem diretamente o manejo agrícola da área, pois estes solos irão ter problemas com a dispersão de colóides e serão formadas crostas nas camadas superficiais. Assim dificultando o movimento de água no perfil, trazendo a diminuição de água disponível para as plantas, bem como nutrientes, profundidade de raízes e agravamento de erosão, por conta do escoamento superficial (Gharaibeh et al., 2011).

Solos degradados estão sendo comumente encontrados, os quais oferecem situações de estresse para a maioria das plantas, e a recuperação destes implica em custos e mão de obra significativa. Neste quesito, entra a técnica de fitorremediação a qual baseia-se em plantas e comunidades microbianas associadas à rizosfera que podem degradar, isolar ou imobilizar poluentes em solo ou água. Esta técnica chama atenção pelo seu baixo custo (Marques, 2005).

No total existem quatro manejos de fitorremediação, que baseiam-se em processos fisiológicos das plantas: fitoestabilização, fitovolatilização, fitodegradação e fitoextração (Pilon-Smits, 2005). Segundo Qadir et al. (2007) esta técnica demonstra efeitos de recuperação de solos que podem ser equiparados aos da gessagem ou água de irrigação tratada.

Para que uma planta obtenha sucesso sendo uma fitoextratora de sais, deve apresentar tolerância ou estímulo ao excesso de Na, bem como, produzir biomassa

em alta escala nessa condição, para que a técnica seja satisfatória (Leal et al., 2008). Não obstante, para o manejo ser bem executado, a planta deve ser colhida, com o poluente acumulado em seus tecidos, podendo ser utilizado para vários fins, excluindo-se o alimentício, principalmente, quando a técnica é destinada para fitoextração de metais, prioriza-se recolher a matéria morta deixada pela planta, para que não se misture ao solo novamente (Lamego et al., 2007).

O estresse salino é considerado um fator limitante do ponto de vista do desenvolvimento de plantas, juntamente com estresse osmótico e toxicidade, por conta de efeitos iônicos, onde todos esses fatores justapostos podem desencadear distúrbios comprometendo a homeostase celular (Munns, 2005).

Existem inúmeros sintomas oriundos do estresse salino, mas existe um predominante, a inibição do crescimento, pois, está associado ao estresse osmótico, o qual é provocado pela densa concentração de sais na solução do solo, o que afeta na absorção de nutrientes e água pela planta (Chen et al., 2007; Pace et al., 2012). Não obstante, tem-se a toxicidade, que é provocada por íons específicos geralmente por cloreto (Cl^-), sódio (Na) ou boro (B) (Munns, 2005). O acúmulo excessivo destes íons irá dificultar a atividade enzimática citosólica, porque acaba interferindo na homeostase do potássio (K) intracelular, acarretando estresse oxidativo nas células da planta (Ashraf & Harris 2004; Pandolfi et al., 2012). Além disso, o estresse salino estimula a síntese de ácido abscísico, que irá promover o fechamento dos estômatos quando são transportados para as células guarda (Zhu, 2003; 2007), com isso a planta entra em declínio, pois estimula o início da fotoinibição e estresse oxidativo. Não obstante, o desbalanço nutricional também pode ser reflexo da salinidade, pois é acarretado pela dominância de alguns elementos em detrimento de outros (Amira & Abdul, 2011). Quando se tem Na em excesso, por exemplo, é provocado um efeito inibitório da absorção de K pelas plantas, podendo trazer uma deficiência desse nutriente, mesmo que ele esteja disponível no solo (Zhu, 2003).

Neste trabalho utilizou-se o *T. erecta* como planta fitoextratora, conhecida popularmente como cravo-amarelo, é uma planta herbácea anual, ereta, ramificada, de hastes glabras e ocas, suas flores podem ser amarelas ou laranjas, pertencente à família *Asteraceae*. Originada no México e em outras partes da América com temperaturas mais elevadas, possui altura de 20-80 cm, produz muitas flores e seu cheiro é característico. Possui folhas compostas pinadas, coriáceas, medindo cerca 8-14cm de comprimento, suas flores são pequenas e dispostas em capítulos

grandes e solitários. É uma planta rústica que pode ser cultivada sem restrições no Brasil, sendo sua multiplicação via semente (Lorenzi, 2022).

Figura 1. Inflorescência de *Tagetes erecta* L.



Fonte: Produzido pelo Autor, 2024.

Por fim, um problema mundial é a crescente demanda por alimentos, dessa maneira estes estudos para recuperação de áreas salinas, para que haja a produção de insumos e outras atividades agrícolas, é uma problemática que deve ser resolvida, pois afeta indiretamente a segurança alimentar da população (Qadir et al., 2007). O *T. erecta*, pode vir a ser um aliado dessa recuperação através da fitoextração, o mesmo vem sendo estudado, por conta do seu potencial de produzir biomassa e resistência a ambientes salinos. Alguns estudos indicam que a planta possui potencial para suportar ambientes salinos, assim sendo, um grande candidato para o uso na fitoextração (Bezerra et al., 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Selecionou-se a espécie vegetal *T. erecta* já utilizada em pesquisas de fitoextração e que possui um valor comercial para a sociedade. *T. erecta*, popularmente cravo-amarelo. Optou-se pela aquisição de mudas, as quais estavam no mesmo estágio de desenvolvimento, correspondente ao início da formação dos botões florais (pré-antese), o que assegura maior uniformidade genética e no crescimento das plantas.

A pesquisa foi realizada na área experimental da Universidade Federal do

Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui, nas coordenadas geográficas 29°09'15"S e 56°33'12"W, e classificação climática de Köppen-Geiger Cfa subtropical, com verões quentes e sem estação seca definida (Peel et al., 2007). O solo utilizado é classificado como Plintossolo Argilúvico distrófico (Santos et al., 2018). A tabela 1 apresenta os resultados da análise físico-química do solo utilizado como substrato.

Tabela 1. Resultado da análise físico-química do solo.

| Atributos físico-químicos | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|------------|-----|------|---|------|-----|---------------------|
| Argila | Textura | Índice SMP | M.O | H+Al | Ca | Mg | Al | K |
| % | | | % | | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | mg dm ⁻³ |
| 26 | 3 | 5,5 | 1,7 | 7,7 | 3,03 | 0,96 | 0,5 | 24 |

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2024.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (Porcentagem de sódio total: 0; 3,25; 7,5; 11,25 e 15%) e 4 repetições. A determinação do PST foi feita a partir da fórmula $PST = \frac{Na}{T} \times 100$, onde:

- Na: Teor de sódio
- T: CTC potencial

Este parâmetro expressa o teor de Na no complexo sortivo do solo. O solo foi coletado em uma área de vegetação nativa da universidade na camada 0-20cm. Após a coleta o solo foi seco ao ar e posteriormente tamisado em peneira de 2mm. O solo foi acondicionado em vasos com capacidade de 10 dm³. Realizou-se a calagem do solo, para elevar o pH para 6, sendo o ideal para o *T. erecta*, aplicou-se o equivalente a 8 t ha⁻¹ de calcário filler. A calagem foi realizada 15 dias antes do transplante das mudas, com a devida incorporação ao solo para neutralização da acidez e aplicação de água para manter o volume total de poros entre 50 e 60%.

A adubação mineral foi realizada no momento do transplante das mudas, aplicando-se 300 mg dm⁻³ de nitrogênio (N), 200 mg dm⁻³ de fósforo (P) e 300 mg

dm⁻³ de K, nas formas de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. As doses de adubo foram definidas com base em recomendações técnicas para experimentos em vasos (Novais et al., 1991). A fonte de Na utilizada foi o cloreto de sódio (NaCl).

No momento do transplante, foi aplicada a adubação mineral, juntamente com a aplicação dos tratamentos e incorporados no volume total do vaso. A irrigação foi realizada diariamente para manter a umidade do solo entre 50 e 70% da capacidade de campo. As variáveis analisadas foram: comprimento de raiz, volume de raiz, massa de matéria seca total, altura de plantas, diâmetro de caule, número de inflorescência e diâmetro de inflorescência. O comprimento de raiz foi realizado com o auxílio de uma régua, o volume de raiz realizou-se através do princípio de arquimedes através do deslocamento de um volume conhecido de água em proveta, a matéria seca foi através da secagem em estufa à 65°C para conservação da matéria, altura de plantas também utilizou-se régua e os diâmetros foram mensurados com o auxílio de um paquímetro digital. Os dados foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% de significância, e posteriormente, à análise de regressão. Os critérios para a escolha dos modelos de regressão foram aqueles que apresentaram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes até 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$) e significado biológico do modelo. As análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2023).

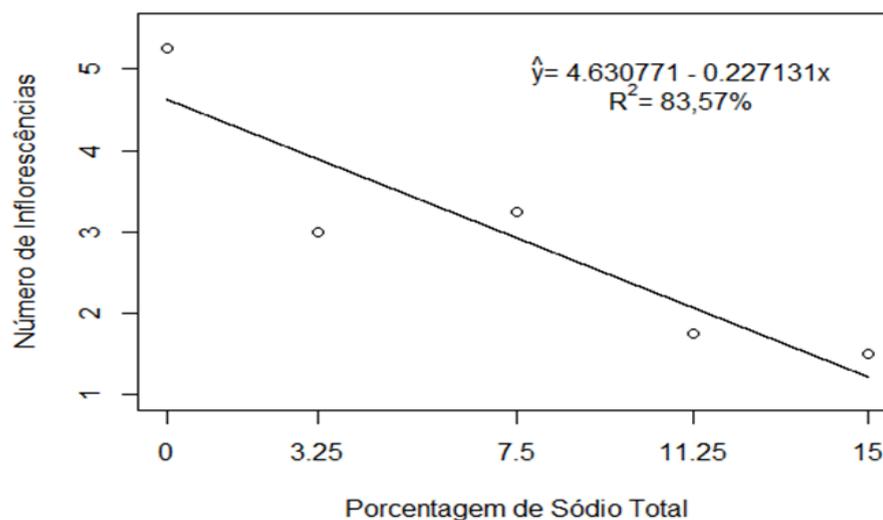
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de variância observou-se que houve efeito significativo da Porcentagem de sódio total (PST) ($p < 0,05$) para as variáveis: Número de inflorescências, Diâmetro de inflorescência (mm), Matéria seca de inflorescência (g), Matéria seca total da parte aérea (g) e Comprimento de raiz (cm). Para as demais variáveis, o teste F não detectou efeito significativo da PST, provavelmente devido ao CV elevado, que tira a sensibilidade do teste. Ainda assim, para algumas, foi ajustado o modelo de regressão, descrevendo seu comportamento devido às diferentes doses. Os resultados para cada variável seguem abaixo.

4.1 Número de inflorescências

Observou-se na Figura 1 que houve redução no número de inflorescências à medida que a PST aumentou, ou seja, para cada unidade de PST, o número de inflorescências diminuiu em 0,23 unidades.

Figura 2. Gráfico de modelo ajustado para Número de Inflorescências de *T. erecta* em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo Autor no sistema R, 2024.

Esse fato pode ocorrer pelas oscilações do potencial osmótico, que consequentemente diminuem a disponibilidade de água para a planta. Pois o potencial osmótico determina como a planta consegue captar água no solo, esse estresse osmótico afeta inúmeros processos fisiológicos da planta, como turgor celular e expansão dos tecidos, o que pode afetar o desenvolvimento das inflorescências. Dessa forma, se faz necessária a regulação osmótica dentro das células vegetais para assegurar a manutenção do turgor e entrada de água para o crescimento celular (Willadino et al., 2010).

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais afeta o rendimento das culturas, neste caso, como trata-se de uma planta ornamental, as inflorescências saudáveis, são de suma importância, a salinidade pode afetar na absorção de nutrientes, por conta da diferença na concentração e composição iônica, trazendo redução de crescimento e decréscimo na qualidade do produto final (Borges et al., 2014).

Avrella et al. (2019) constataram que quando o efeito osmótico excede o nível de tolerância da planta ocorrem distúrbios funcionais e injúrias, além de redução na absorção de nutrientes.

Nesse contexto, analisando morfológicamente as plantas, através de cortes longitudinais, observou-se sintoma de necrose no receptáculo floral e em seu ovário ínfero. Este dano pode ter sido causado pela deterioração celular por conta da desidratação e danos a membrana plasmática, trazendo efeitos negativos como redução no desenvolvimento floral, abortos no estágio reprodutivo e danos aos tecidos da planta, este efeito foi observado nos tratamentos a partir de 3,25% de PST, conforme a figura 3,4 e 5.

Figura 3. Fotografia demonstrando a diminuição de inflorescências de *T. erecta* conforme aumento da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Produzido pelo Autor, 2024.

Figura 4. Porcentagem de Sódio Total (PST) 0% com cortes longitudinais, mostrando os ovários íferos das flores e receptáculo floral das inflorescências.



Fonte: Produzido pelo Autor, 2024.

Figura 5. Porcentagem de Sódio Total (PST) 3,25%, onde as inflorescências de *T. erecta* mostram sintoma de necrose nas flores centrais do receptáculo floral da inflorescência.

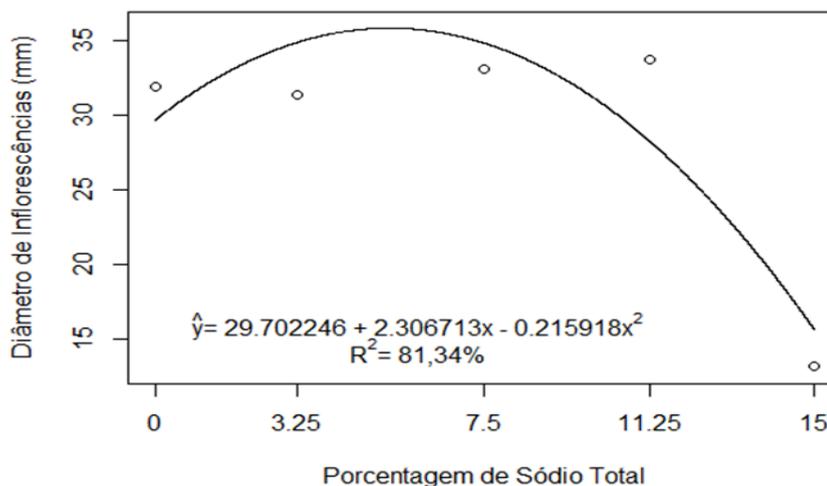


Fonte: Produzido pelo Autor, 2024.

4.2 Diâmetro de inflorescência

Observa-se na Figura 5 que, segundo o modelo ajustado, o diâmetro de inflorescências aumentou até atingir o máximo de 35,86 mm correspondente à PST de 5,34%, e depois decaiu.

Figura 6. Modelo ajustado para Diâmetro de inflorescências em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo autor no sistema R, 2024.

Através do gráfico pode-se observar que em níveis baixos de Na, neste caso entre 0% e 7,5% de PST, as plantas apresentaram aumento do diâmetro das inflorescências. Após 11,25% de PST o diâmetro diminuiu e o Na inicia seu efeito tóxico para a planta.

Alguns elementos minerais podem estimular o crescimento em plantas, mas isso não os torna essenciais ou significa que sejam essenciais apenas para algumas espécies de plantas, ou em condições específicas, neste caso são definidos como benéficos. Essa definição pode ser aplicada particularmente ao Na, silício (Si) e cobalto (Co). Saber fazer a distinção entre benéfico e essencial é difícil no caso de alguns oligoelementos, vale ressaltar que o papel do Na na nutrição mineral de plantas, deve considerar três aspectos: a essencialidade para certas espécies e até que ponto ele pode substituir as funções do potássio (K) e seu estímulo ao crescimento (Marschner, 1995).

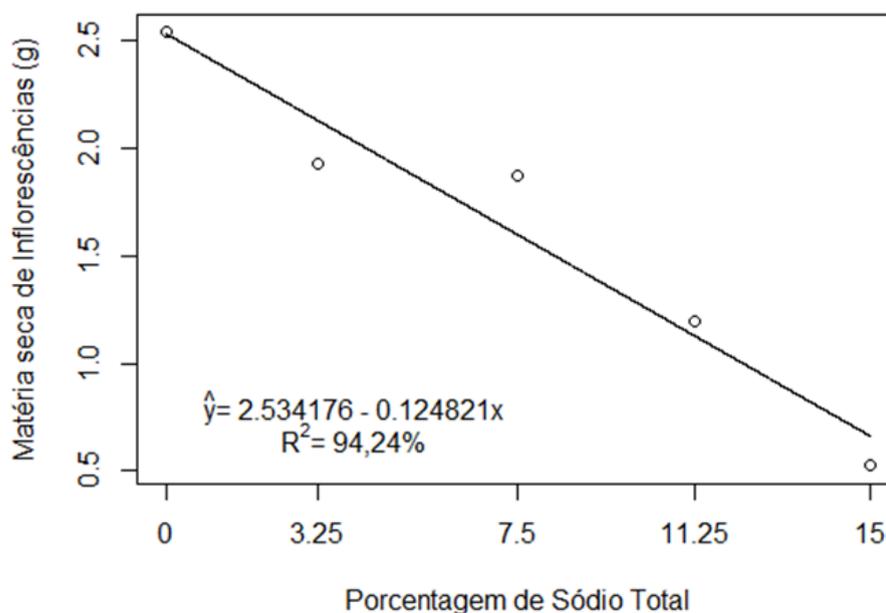
Brownell em 1965 relata que o Na é um elemento mineral essencial, para a halófita *Atriplex vesicaria*. Quando a contaminação com Na na solução básica de nutrientes foi mantida no mínimo (abaixo de $0,1 \mu\text{m Na}^+$), as plantas tornam-se cloróticas e necróticas e não ocorreu mais crescimento, apesar do alto teor de K nas plantas.

Neste caso a *Tagetes erecta L.* apresentou tolerância apenas em suas doses mais baixas, sendo assim o Na não pode ser considerado um elemento benéfico, pois a planta apresentou sintomas de necrose em suas estruturas reprodutivas e decréscimo no diâmetro das inflorescências nas presença de doses mais altas de Na.

4.3 Matéria seca de inflorescência

Observa-se na Figura 6 que houve redução na matéria seca de inflorescências à medida que a PST aumentou, ou seja, para cada unidade de PST, a matéria seca de inflorescências diminuiu em 0,13g.

Figura 7. Modelo ajustado para Matéria seca de inflorescências em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo autor no sistema R, 2024.

Embora a *T. erecta* possua potencial para ser uma planta fitoextratora de Na, a salinidade excessiva afeta diretamente na sua produtividade, principalmente em relação a produção de biomassa das suas estruturas reprodutivas. À medida que a matéria seca diminui com o aumento do Na, fica evidente a necessidade de um manejo adequado, para que essa planta seja produtiva nessas áreas.

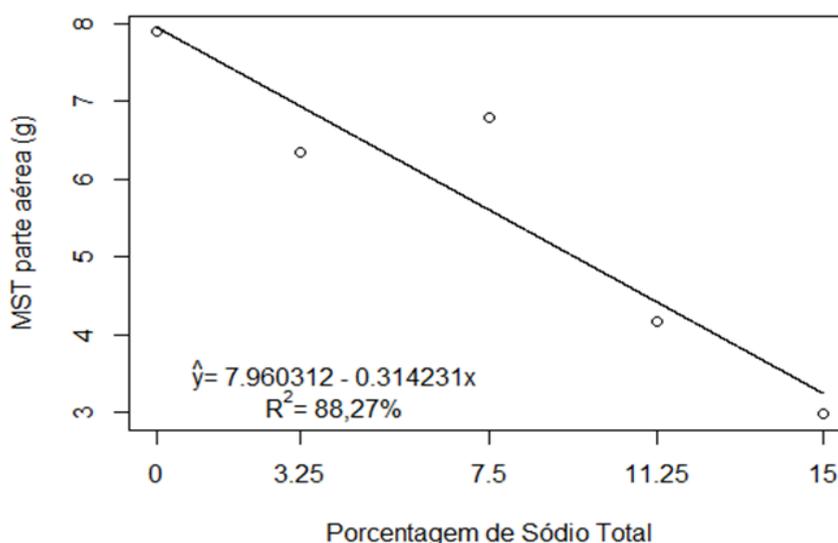
Segundo Larcher (2000), processos de desenvolvimento são sensíveis ao sal, assim a taxa de crescimento e produção de biomassa são bons critérios para uma avaliação do grau de resistência dessa planta ao estresse, bem como, a superação do mesmo e perpetuação da espécie a partir do desenvolvimento das suas estruturas reprodutivas.

Equiparado a este estudo, Figueredo et al. (2018), estudaram a cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.), irrigada com água em diferentes níveis de sais e constataram que o estresse salino também compromete de forma linear, a produção de biomassa dos componentes da parte aérea da planta.

4.4 Matéria seca total da parte aérea

Observa-se na Figura 7 que houve redução na matéria seca total de parte aérea à medida que a PST aumentou, ou seja, para cada unidade de PST, a matéria seca total de parte aérea diminuiu em 0,31g.

Figura 8. Modelo ajustado para Matéria seca total de parte aérea de *T. erecta* em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo autor no sistema R, 2024.

Altos níveis de salinidade no solo podem trazer estresses osmóticos na planta, que afetam a produção de biomassa da mesma, além de menor turgor celular. A redução de matéria seca total da parte aérea demonstra o comprometimento do vigor da planta, por conta da salinidade, vale ressaltar que uma parte aérea menos desenvolvida acarreta em danos na capacidade fotossintética, não obstante, esta redução de parte aérea pode comprometer o uso ornamental desta planta.

Bosco et al. (2009) submeteram a cultura da berinjela a doses de NaCl e constataram a redução na matéria seca de parte aérea, pois quando a planta é exposta a estresse salino, acontece a inibição de seu crescimento, por conta do potencial osmótico afetado, acarretando na toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional, por conta do excesso de sais nos tecidos. Não obstante, para reduzir a perda de água por transpiração, a planta fecha seus estômatos, diminuindo a taxa fotossintética e reduzindo o desenvolvimento e crescimento (Flowers, 2004).

Dantas (2003) demonstra que a salinidade reduz a área foliar de plantas, afetando sua matéria seca. Oliveira (2006) complementa que ocorre o desenvolvimento precoce das gemas apicais e redução no número de folhas, Melloni et al. (2000) esclarecem que pode ocorrer amarelecimento de folhas mais velhas em estágios avançados, além disso, Ferreira et al. (2001) indicam que a necrose das folhas e clorose, ocorrem devido à toxicidade pela salinidade que acarreta em alterações no balanço hormonal e redução na atividade metabólica e perda de turgescência das células guarda. Neste sentido, observou-se no trabalho os sintomas de clorose seguida de necrose nas folhas mais velhas da planta, o que pode acontecer pelo fato de ser o ponto mais distante das raízes, as quais não estão absorvendo água corretamente, por conta da diminuição do potencial osmótico das mesmas, portanto neste ponto é o que mais tem demora para chegada de água nas células.

Figura 9. Folhas de *T. erecta* com sintoma de clorose, seguida de necrose.



Fonte: Produzido pelo Autor, 2024.

Figura 10. Folha de *T. erecta* com sintoma de clorose, seguida de necrose.

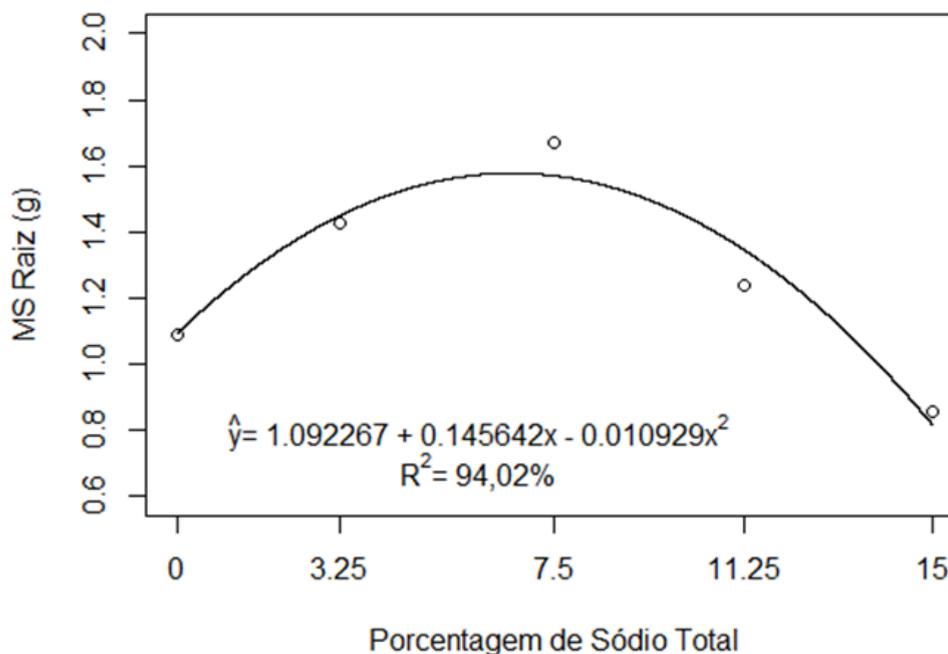


Fonte: Produzido pelo Autor, 2024.

4.5 Matéria seca de raiz

Observa-se na Figura 9 que, segundo o modelo ajustado, a matéria seca de raiz aumentou até atingir o máximo de 1,58 g correspondente à PST de 6,66 %, e depois decaiu de forma quadrática.

Figura 11. Modelo ajustado para matéria seca de raiz em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo Autor no sistema R, 2024.

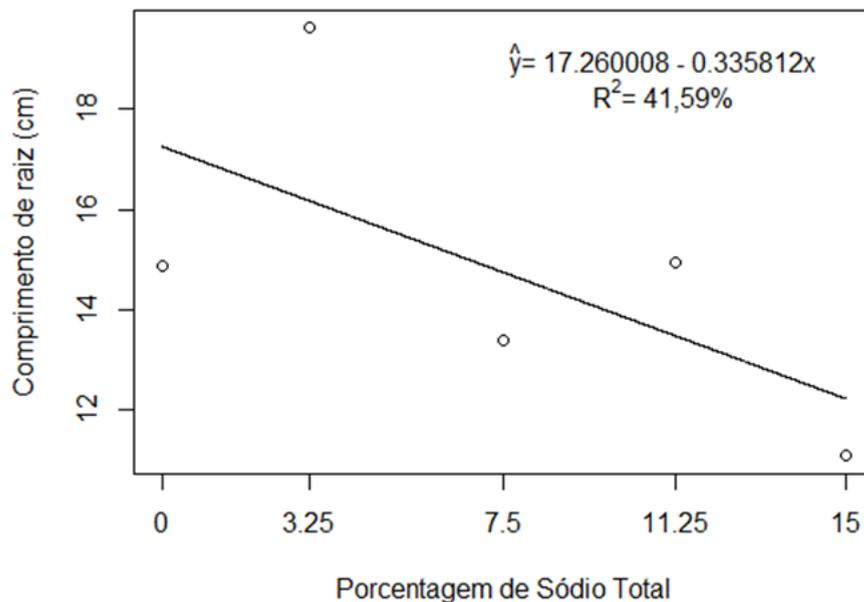
A *T. erecta* atingiu seu ponto máximo de matéria seca radicular em 1,58g após isso iniciou o declínio conforme a continuidade do aumento da PST, isso pode ser explicado pelo fato da planta ser moderadamente tolerante à salinidade, em alguns níveis intermediários.

Centeno et al. (2014) observaram e corroboram um decréscimo linear na matéria seca da parte aérea e raiz do girassol com aumento da salinidade das águas de irrigação, além disso, Travassos et al. (2011), da mesma forma, constataram a redução linear da matéria seca de parte aérea e raiz, ao aumentar a salinidade. Outros trabalhos também obtiveram dados que compactuam com o resultado do presente estudo, que o aumento da salinidade do solo em que a planta está sendo cultivada, diminui o potencial osmótico, agindo negativamente sobre os processos fisiológicos, diminuindo a absorção de água pelas raízes (Ayers; Westcot, 1999).

4.6 Comprimento de raiz

Observa-se na Figura 10 que houve redução no comprimento da raiz à medida que a PST aumentou, ou seja, para cada unidade de PST, o comprimento de raiz diminuiu em 0,34 cm.

Figura 12. Modelo ajustado para comprimento de raiz em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo Autor no sistema R, 2024.

Assim como a matéria seca total de raiz, o comprimento também diz muito sobre a capacidade fitoextratora da planta, pois quanto menor forem as raízes, maior será a dificuldade da planta de atingir o solo em profundidade, seja para extração de contaminantes ou até mesmo de nutrientes. Esses dados são de suma importância para entendermos os limites que a planta tolera e o seu potencial para fitorremediação.

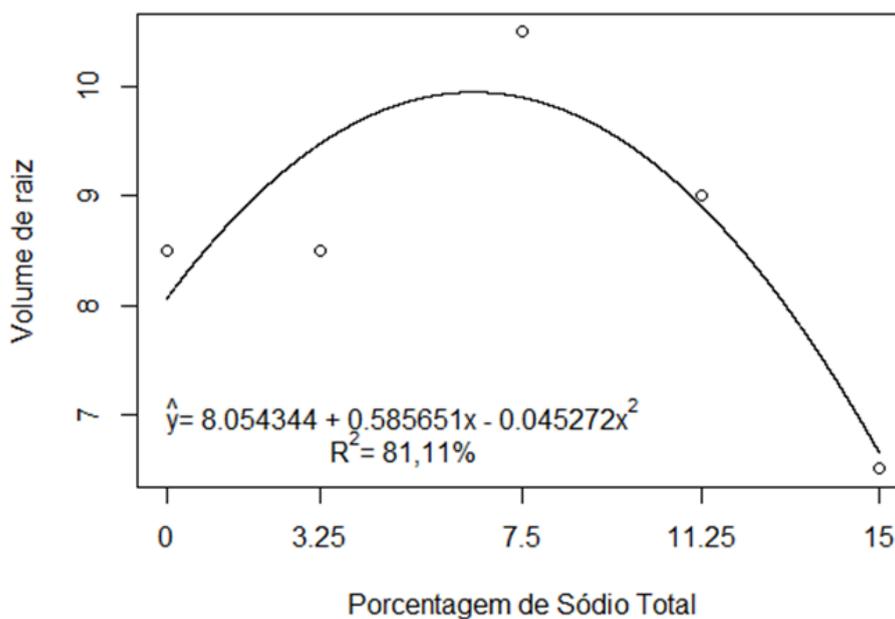
Hubner et al. (2014) identificaram, em seu trabalho com a cultura de nabo forrageiro, que independente do potencial osmótico, utilizando NaCl, o decréscimo do comprimento das raízes aconteceu. Assim como, Oliveira et al. (2019), identificaram a mesma informação, corroborando com o presente estudo. Todavia, Ávila et al. (2007) encontraram informações diferentes para a cultura do milho, onde no potencial osmótico de -0,1 MPa, houve aumento na altura total em relação ao controle, quando submetido a potenciais mais negativos, onde houve decréscimo do crescimento de plântulas.

Tobe et al. (2000), ressaltam que a inibição ocasionada no crescimento, motivada pela salinidade, não é apenas por conta do efeito tóxico da salinidade em determinadas doses, mas se deve também pela seca fisiológica, porque quando existe elevada concentração de sal, diminui o potencial osmótico que acarreta em diminuição do potencial hídrico.

4.7 Volume de raiz

Observa-se na Figura 11 que, segundo o modelo ajustado, o volume de raiz aumentou até atingir o máximo de 9,95 cm³ correspondente à PST de 6,47 %, e depois decaiu de forma quadrática.

Figura 13. Modelo ajustado para volume de raiz em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo Autor no sistema R, 2024.

O coeficiente $R^2 = 81,11\%$ indica que o PST possui um efeito significativo sobre o desenvolvimento do sistema radicular da planta, iniciando com resposta positiva e posteriormente um declínio nas condições mais salinas, o volume de raiz é um parâmetro essencial a ser analisado, pois através dele conseguimos identificar a eficiência da absorção de água e nutrientes, complementando as demais análises de raiz.

Os elementos sejam eles macro ou micronutrientes, que são essenciais para a nutrição mineral de plantas possuem sua função particular no metabolismo vegetal, que quando são disponibilizados na dose correta propiciam um desenvolvimento adequado para mudas (Navroski et al., 2018).

A redução linear do volume de raiz da planta, sobre o efeito salino, se dá ao fato de que as raízes estão em contato direto e constante com os sais do solo (Guimarães et al., 2013), acarretando assim na taxa de transpiração e crescimento radicular (Pereira et al., 2012).

Além disso, meios salinos provocam desbalanço nutricional por conta da diminuição da absorção ou translocação interna de nutrientes minerais, principalmente cálcio (Ca^{+2}) e K^+ , por aumentar a relação Na^+/Ca^{+2} e Na^+/K^+ (Agostinetto & Fleck, 2001; Verslues et al., 2006).

Avrella et al. (2019), em seu estudo sobre *Mimosa scabrella* Benth constataram também que a matéria seca da parte aérea e volume de raiz apresentaram tendência quadrática decrescente com o aumento da concentração de NaCl nas soluções de irrigação, corroborando com os resultados deste trabalho.

Figura 14. Comparativo visual de volume e comprimento radicular

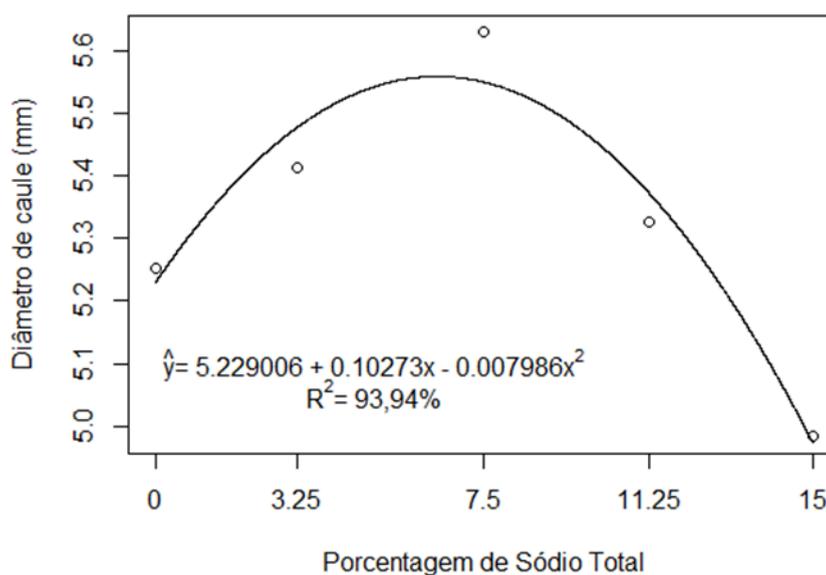


Fonte: Produzido pelo Autor, 2024.

4.8 Diâmetro de caule

Observa-se na Figura 13 que, segundo o modelo ajustado, o diâmetro de caule aumentou até atingir o máximo de 5,56 cm³ correspondente à PST de 6,43 %, e depois decaiu de forma quadrática.

Figura 15. Modelo ajustado para diâmetro de caule em função da Porcentagem de Sódio Total (PST).



Fonte: Elaborado pelo Autor no sistema R, 2024.

Assim como o volume de raiz, o diâmetro do caule, através do coeficiente pode-se ver que está diretamente relacionado ao PST, este diâmetro é uma característica importante a ser analisada, pois ele dá suporte a planta e transloca água e nutrientes na planta. Este dado demonstra que a *T. erecta* possui potencial para desenvolvimento nesse quesito, pois apresentou características estruturais que permitem adaptação ao estresse salino, entretanto em condições elevadas sua capacidade é limitada.

De Souza et al. (2022), no parâmetro diâmetro do caule, da alface, constataram que houve diferença significativa entre cultivares, quando submetidas à condições salinas. Entretanto, Silva et al. (2017), estudaram diferentes níveis de salinidade e verificaram que, ao passo que aumentou o nível de salinidade houve um decréscimo linear no diâmetro de caule para todas as cultivares.

Silva et al. (2000) em seu estudo sobre aroeira, afirmam que em solos com excesso de NaCl, ocorre a inibição do crescimento e da produção, devido a redução do potencial osmótico da solução do solo, acarretado pelo excesso de NaCl. Não obstante, Ferreira et al. (2001), constataram redução no teor de Ca nos caules de goiabeira em função da aplicação de níveis crescentes de NaCl. Conforme Epstein & Bloom (2006), o Ca é um elemento essencial na integridade da membrana plasmática das células vegetais, dessa forma a sua deficiência pode levar a perda da integridade da membrana e na absorção de íons.

Portanto o estresse osmótico que ocorre nas plantas submetidas ao estresse salino resulta na deficiência hídrica das mesmas, ocasionando alterações morfológicas e anatômicas. Dentre essas alterações morfológicas, encontra-se a diminuição do diâmetro do caule, consequência direta do nível de salino elevado (Willadino; Camara, 2010).

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que, o *T. erecta* é tolerante à salinidade até a porcentagem de sódio total de 7,5%, onde doses acima deste parâmetro podem ser prejudiciais à planta conforme dados analisados. Por fim, é uma planta indicada para estudos de melhoramento genético que buscam estudar plantas com potencial fitoextrator, o qual recomenda-se o *T. erecta*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D.; FLECK, NG Estresse salino: efeitos e mecanismos de resposta em plantas. **Agropecuária Clima Temperado**, v. 4, p. 451-464, 2001.

AMIRA, MS; ABDUL, Q. Efeito do estresse salino no crescimento e metabolismo da planta de feijão *Vicia faba* (L.). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 10, p. 7-15, 2011.

ASHRAF, M. Abordagem biotecnológica para melhorar a tolerância das plantas ao sal usando antioxidantes como marcadores. **Biotechnology Advances**, v. 27, p. 84-93, 2009.

ASHRAF, M.; AKRAM, NA Melhorando a tolerância à salinidade de plantas por meio do melhoramento convencional e engenharia genética: uma comparação analítica. **Biotechnology Advances**, v. 27, p. 744-752, 2009.

ASHRAF, M.; HARRIS, PJC Potenciais indicadores bioquímicos de tolerância à salinidade em plantas. **Ciência Vegetal**, v. 3-16, 2004.

ÁVILA, MR; BRACCINI, AL; SCAPIM, CA Teste de comprimento de plântulas sob estresse hídrico na avaliação do potencial fisiológico das sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 2, pág. 117-124, 2007.

AVRELLA, ED et al. Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. **Iheringia, Série Botânica**.

AYERS, RS; WESTCOT, DW **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

BEZERRA, FMS et al. Tolerância à salinidade na produção de mudas de *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* e *Celosia argentea*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, p. e20196590, 2020.

BORGES, CT et al. O estresse salino afeta a qualidade fisiológica das sementes de rúcula? **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 19, pág. 1049-1057, 2014.

BOSCO, MRO; OLIVEIRA, AB; HERNANDEZ, FFF; LACERDA, CF Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista CERES**, Viçosa, v. 53, p. 296-302, 2009.

BROWNELL, PF Sódio como elemento micronutriente essencial para uma planta superior (*Atriplex vesicaria*). **Fisiologia Vegetal**, v. 40, n. 3, pág. 460, 1965.

CENTENO, CRM **Crescimento e componentes de produção do girassol irrigado com água salinizada e adubação nitrogenada**. 2013. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) – Programa de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

CENTENO, CRM **Crescimento e componentes de produção do girassol irrigado com água salinizada e adubação nitrogenada**. 2013. 127 f. Tese (Doutorado em

Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) – Programa de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

CHEN, SH et al. Marcadores de sequência expressa da halófito *Limonium sinense*. **Sequência de DNA**, v. 18, p. 61–67, 2007.

COELHO, LC et al. Caracterização de sintomas visuais, parâmetros de crescimento e desenvolvimento de *Tagetes erecta* sob deficiências nutricionais. **Agrário**, v. 4, n. 12, pág. 113-122, 2011.

DANTAS, JP et al. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, v. 24, n. 2, pág. 119-130, 2003.

DE FIGUEREDO, LF et al. Crescimento e divisão da massa seca de mudas de mãe sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, pág. 2984, 2018.

DE SOUZA, JCG et al. Crescimento e produtividade em cultivares de alface submetidas à supervisão com diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, pág. 2, 2022.

EPSTEIN, E.; BLOOM, AJ Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: **Editora Planta**, 2006. 403 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Soil and Water Conservation Research Branch. Equipe do Laboratório de Salinidade. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC, 1954. 160 p. (Manual de Agricultura do USDA, 60).

FERREIRA, AG; CASSOL, B.; ROSA, SGT; SILVEIRA, TS; STIVAL, AL; SILVA, AA Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 15, n. 2, pág. 231-242, 2001.

FERREIRA, PA et al. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 570-578, 2006.

FERREIRA, RG et al. Distribuição da matéria seca e composição química de raízes, caule e folhas de goiabeira submetidas ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, pág. 79-88, 2001.

FLOWERS, TJ Melhorando a tolerância da cultura ao sal. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 307-319, 2004.

GHARAIBEH, MA; IN; AA Recuperação de solo salino sódico altamente calcário usando Atriplex Halimus e subproduto gesso. **Revista Internacional de Fitorremediação**, v. 9, p. 873–883, 2011.

GHEYI, HR **Problemas de salinidade na agricultura irrigada**. In: AGRICULTURA, SUSTENTABILIDADE E O SEMI-ÁRIDO. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 329-345.

GILMAN, EF; HOWE, T. *Tagetes erecta*. Fact Sheet FPS-569. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, 1999.

GUIMARÃES, IP; OLIVEIRA, FN; VIEIRA, FER; TORRES, SB Efeito da salinidade da água de supervisão na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 137-142, 2013.

HORNEY, RD; TAYLOR, B.; MUNK, DS; ROBERTS, BA; LESCH, SM; PLANT, RE Desenvolvimento de métodos práticos de gerenciamento específicos para recuperação de solo afetado por sal. **Computadores e Eletrônica na Agricultura**, v. 46, p. 379-397, 2005.

JORDAN, FL; YOKLIC, M.; MORINO, K.; BROWN, P.; SEAMAN, R.; GLENN, EP Uso consuntivo de água e condutância estomática de *Atriplex lentiformis* irrigado com salmoura industrial em um distrito de irrigação desértico. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 889-912, 2009.

KEIFFER, CH; UNGAR, IA Germinação e estabelecimento de halófitas em solos afetados por salmoura. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, p. 402-415, 2002.

LAMEGO, FP; VIDAL, RA Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição? In: PESTICIDAS: **REVISTA DE ECOTOXICOLOGIA E MEIO AMBIENTE**, 17, 2007. Resultados experimentais... 2007.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.

LEAL, IG; ACCIOLY, AMA; NASCIMENTO, CWA; FREIRE, MBGS; MONTENEGRO, AAA; FERREIRA, FL Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 1065-1072, 2008.

LORENZI, H. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 3.ed. Nova Odessa, SP: 2022.

MARQUES, M. Phytoremediation. In: KALMAR ECOTECH'05: **Waste to energy, bioremediation and leachate treatment**, Kalmar, 2005. p. 19-26.

MARSCHNER, Horst (Ed.). **Nutrição mineral de plantas superiores de Marschner**. Academic press, 2011.

MELLONI, R.; SILVA, FAM; CARVALHO, JGC Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). **Cerne**, v. 2, pág. 35-40, 2000.

MERKL, N.; SCHULTZE-KRAFT, R. & ARIAS, M. Efeito da gramínea tropical *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) Staf na população e atividade microbiana em solo contaminado com petróleo. **Microbiol. Res.**, v. 161, p. 80-91, 2006.

MUNNS, R. Genes e tolerância ao sal: unindo-os. **New Phytologist**, v. 167, p. 645-663, 2005.

NAVROSKI, MC; BERGETTI, ALP; FENILLI, TAB; Buss, R.; Pereira, MO & Turchetto, F. Adubação de mudas em viveiros florestais. In: **Produção de sementes**

e mudas: uma abordagem à silvicultura. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. p. 237-257.

NOVAIS, RF; NEVES, JCL; BARROS, NF Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, AJ de; GARRIDO, NÓS; ARAÚJO, JD de; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-253.

OLIVEIRA, MKT et al. Efeito de diferentes teores de estere bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*). **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v. 1, pág. 68-74, 2006.

OLIVEIRA, SSC; CRUZ, SJS; MARTINS, CC Estresse hídrico e salino na germinação de sementes e crescimento de plântulas de nabo forrageiro. **Magistra Cruz das Almas-BA**, v. 30, p. 435-444, 2019.

PACE, R.; BENINCASA, P.; GHANEM, ME; QUINET, M.; LUTTS, S. Germinação de sementes não tratadas e preparadas em colza (*Brassica Napus* var. oleifera Del.) sob salinidade e baixo potencial mátrico. **Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 238–251, 2012.

PAJEVIC, S.; BORISEV, M.; NIKOLIC, N.; KRISTIC, B.; PILIPOVIC, A.; ORLOVIC, S. Capacidade de fitorremediação de clones de choupo (*Populus* spp.) e salgueiro (*Salix* spp.) em relação à fotossíntese. **Arquivos de Ciências Biológicas de Belgrado**, v. 61, n. 2, p. 239-247, 2009.

PANDOLFI, C.; MANCUSOA, S.; SHABALAB, S. Fisiologia da aclimação ao estresse salino em ervilha (*Pisum sativum*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 84, p. 44-51, 2012.

PEEL, MC; FINLAYSON, BL; McMAHON, TA Mapa mundial atualizado da classificação climática de Köppen-Geiger. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, AM; QUEIROGA, RCF; SILVA, GD; NASCIMENTO, MGR; ANDRADE, SEO Germinação e crescimento inicial de meloeiro condicionado ao osmocondicionamento do semente com NaCl e níveis de salinidade da água. **Revista Verde**, v. 7, pág. 205-211, 2012.

PILON-SMITS, E. Fitorremediação. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, p. 15-39, 2005.

QADIR, M.; OSTER, JD; SCHUBERT, S.; NOBLE, AD; SAHRAWAT, KL Fitorremediação de solos sódicos e salino-sódicos. **Advances in Agronomy**, v. 96, p. 197-247, 2007.

RAVINDRAM, KC; VENKATESAN, K.; BALAKRISHNAN, V.; CHELLAPPAN, KP; BALASUBRAMANIAN, T. Restauração de terras salinas por halófitas para solos indianos. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 2661-2664, 2007.

RHOADES, JD; CHANDUVI, F.; LESCH, S. Avaliação da salinidade do solo: métodos e interpretação de medições de condutividade elétrica. Roma: FAO, 1999. 150 p. **Irrigação e Drenagem** Artigo n. 57.

RIBEIRO, MR; FREIRE, FJ; MONTENEGRO, AAA Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. Tópicos em ciência do solo, v. 3, p. 165-208. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2003.

SANTOS, HG et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SILVA, FAM; MELLONI, R.; MIRANDA, JRP; CARVALHO, JG Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon Urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v. 1, pág. 17-24, 2000.

SOUZA, E. **Fitorremediação de Neossolo Flúvico sódico salino de Pernambuco com *Atriplex nummularia***. 2010. 175f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

SOUZA, ER; MONTENEGRO, AAA; FREIRE, MBG dos S. Evolução e variabilidade espacial da salinidade em Neossolo Flúvico cultivado com cenoura sob controle. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 584-592, 2008.

STRECK, EV **Solos do Rio Grande do Sul**. [sl: sn], 2000. 316 p.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Germinação de sementes e crescimento da radícula de uma halófito, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Anais de Botânica**, v. 85, n. 3, pág. 391-396, 2000.

TRAVASSOS, KD; SOARES, FAL; GHEYI, HR; SILVA, DRS; NASCIMENTO, AKS; DIAS, NS Produção de aquário de girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 4, pág. 371-376, 2011.

VERSLUES, PE; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, JK. Métodos e conceitos na quantificação da resistência à seca, sal e congelamento, estresses abióticos que afetam o estado hídrico da planta. **The Plant Journal**, v. 45, p. 523-539, 2006.

WILLADINO, L.; CAMARA, TR Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-23, 2010.

WILLADINO, LC Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, pág. 1-23, 2010.

ZHU, JK Estresse salino em plantas. **ENCICLOPÉDIA DE CIÊNCIAS DA VIDA**. John Wiley & Sons, Ltd., 2007. p. 1-10.

ZHU, JK Regulação da homeostase de íons sob estresse salino. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, p. 441-445, 2003.