



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

TIAGO DE ABREU LIMA

**USO DE NADADEIRAS DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) COMO
FERTILIZANTE ORGÂNICO NO CULTIVO DE GIRASSOL SOB DÉFICIT
HÍDRICO OU ESTRESSE SALINO**

MARACANAÚ - CEARÁ

2024

TIAGO DE ABREU LIMA

USO DE NADADEIRAS DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) COMO
FERTILIZANTE ORGÂNICO NO CULTIVO DE GIRASSOL SOB DÉFICIT
HÍDRICO OU ESTRESSE SALINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Energias Renováveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Energias Renováveis. Área de concentração: Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Aragão Gondim.

Coorientadora: Dra. Stelamaris de Oliveira Paula Marinho.

MARACANAÚ - CEARÁ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

L732u Lima, Tiago de Abreu.

Uso de nadadeiras de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como fertilizante orgânico no cultivo de girassol sob déficit hídrico ou estresse salino / Tiago de Abreu Lima. - 2024.

82 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Energias Renováveis, Campus Maracanaú, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Franklin Aragão Gondim.

Coorientação: Profa. Dra. Stelamaris de Oliveira Paula Marinho.

1. Biodiesel. 2. Fertilizante orgânico. 3. Resíduos.

CDD 620.91

TIAGO DE ABREU LIMA

USO DE NADADEIRAS DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) COMO
FERTILIZANTE ORGÂNICO NO CULTIVO DE GIRASSOL SOB DÉFICIT
HÍDRICO OU ESTRESSE SALINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Energias Renováveis do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Energias Renováveis. Área de concentração:
Energias Renováveis.

Aprovada em: 30 / 09 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Franklin Aragão Gondim (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus*
Maracanaú

Dra. Stelamaris de Paula Marinho

Universidade Federal do Ceará (Coorientadora)

Dra. Letícia Kenia Bessa de Oliveira

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Roberto Albuquerque Pontes Filho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus*
Maracanaú

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus por ter me dado capacidade para os meus estudos e por guiar o meu caminho durante os dois anos do mestrado.

Aos meus pais, Holbenerdes Xavier Lima e Maria do Carmo de Abreu Lima, por todo o apoio ao longo da vida. Pai, obrigado pelo auxílio financeiro e material durante toda a caminhada nos estudos. Mãe, obrigado pelas refeições preparadas, pelas roupas lavadas e engomadas. As ações de vocês me deram o bem mais precioso que tenho: tempo disponível para estudar. Amo vocês!

Minha gratidão ao professor Franklin que me acompanhou no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal desde setembro de 2019. Sou imensamente grato pela oportunidade de ter feito um mestrado sob a orientação do senhor. Agradeço pela disponibilidade aos sábados, domingos e feriados para tirar minhas dúvidas, sempre com muita paciência e calma. Levarei para o resto da minha vida todos os conselhos dados ao longo desses 5 anos. Meu muito obrigado, professor!

Agradeço a minha coorientadora Stela que sempre esteve disponível para tirar as minhas inúmeras dúvidas, com amplo conhecimento e sugestões para aperfeiçoar o trabalho. Sou muito grato, Stela!

Meu muito obrigado aos amigos de laboratório que estiveram comigo durante essa jornada. Meus agradecimentos ao Paulo e a Gabriela, pois foi com vocês que tive o contato de forma mais aprofundada com as pesquisas desenvolvidas no laboratório. Agradeço a minha amiga de turma, Raíssa, por ter me convidado em 2019 a auxiliar na sua pesquisa, desde então não saí mais do laboratório. Ao meu amigo Ícaro que desde 2021 que me ajudou durante esse período, apoiando-me nas pesquisas, escrevendo artigos e trabalhos. Agradeço imensamente aos meus amigos do laboratório que dedicaram tempo e esforço ao longo desse tempo, auxiliando nas atividades de campo e nas análises de laboratório. Meu muito obrigado, Elias, Isabel, Letícia, Lorena, Rifandreo e Vivian!

Ao pagador de imposto cearense que através da bolsa de mestrado auxiliou a minha pesquisa e os meus estudos ao longo desses dois anos. Meus agradecimentos à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa e pelo apoio financeiro.

Ao professor João Roberto que me acompanha desde a graduação. Se hoje eu consegui desenvolver uma dissertação é porque o senhor me auxiliou na escrita do meu TCC e em outros artigos. Minha gratidão, professor!

Ao professor Francisco Humberto por sua ajuda nos estudos e artigos que envolvem resíduos sólidos e aterros sanitários. Esses trabalhos me aperfeiçoaram como profissional e desenvolveram outras competências que eu desconhecia. Muito obrigado, professor!

Aos meus familiares e amigos que contribuíram direta ou indiretamente com essa pesquisa, com orações, torcida e mensagens de apoio!

“Estudar é um hábito extremamente recompensador” (Eslen Delanogare).

RESUMO

A geração de resíduos sólidos aliada à dependência de combustíveis fósseis na matriz energética torna-se um problema para a saúde pública e o meio ambiente. Um resíduo que apresenta dificuldade de reutilização é o resíduo de filetagem de tilápia. Estima-se que mais de 60% do resíduo gerado nesse processo se torne inutilizável para a indústria. Uma alternativa para a reutilização desse resíduo é aplicá-lo como fertilizante orgânico no cultivo de plantas, devido à composição nutricional. Uma espécie vegetal relevante para aplicação é o girassol. Essa planta consegue se aclimatar a diferentes contextos ambientais, além de ser uma oleaginosa aplicada na produção de biodiesel. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização de nadadeiras de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como fertilizante orgânico no cultivo de girassol. Além disso, verificar os efeitos da aplicação desse fertilizante em plantas de girassol submetidas ao déficit hídrico e estresse salino. Os experimentos foram realizados em uma casa de vegetação vinculada ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Maracanaú. As sementes de girassol utilizadas nos experimentos foram fornecidas pela Embrapa. Foram realizados três experimentos independentes. No primeiro experimento analisou-se a viabilidade da utilização das nadadeiras como fertilizante orgânico para o cultivo de girassol. Além disso, verificou-se a melhor concentração a ser trabalhada nos experimentos subsequentes. Os resultados obtidos indicaram que a concentração de nadadeiras a 120 Kg de N ha⁻¹ apresentou melhor incremento nas variáveis de crescimento analisadas. No segundo experimento foi verificado que a aplicação do NDT atenuou parcialmente os efeitos da restrição hídrica em plantas de girassol. No terceiro experimento o NDT apresentou resultados semelhantes ao uso de NPK como fertilizante em plantas de girassol sob estresse salino. Dessa forma, a aplicação de resíduos de nadadeiras de filetagem de tilápia como fertilizante orgânico amplia os estudos para o desenvolvimento sustentável no Brasil, mostrando-se viável como destinação final ambientalmente adequada.

Palavras-Chave: Biodiesel. Fertilizante orgânico. Resíduos.

ABSTRACT

The generation of solid waste, combined with the dependence on fossil fuels in the energy matrix, becomes a problem for public health and the environment. A waste that presents difficulties for reuse is the tilapia filleting waste. It is estimated that more than 60% of the waste generated in this process becomes unusable for the industry. One alternative for the reuse of this waste is to apply it as an organic fertilizer in plant cultivation, due to its nutritional composition. A relevant plant species for this application is sunflower. This plant is capable of acclimating to different environmental contexts, in addition to being an oilseed used in the production of biodiesel. Therefore, this study aims to analyze the feasibility of using tilapia fins (*Oreochromis niloticus*) as an organic fertilizer in sunflower cultivation. Additionally, it aims to assess the effects of applying this fertilizer to sunflower plants subjected to water deficit and saline stress. The experiments were conducted in a greenhouse linked to the Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Ceará, Maracanaú Campus. The sunflower seeds used in the experiments were provided by Embrapa. Three independent experiments were carried out. In the first experiment, the feasibility of using fins as an organic fertilizer for sunflower cultivation was analyzed. Furthermore, the best concentration to be used in subsequent experiments was determined. The results indicated that the concentration of fins at 120 kg of N ha⁻¹ showed the best increase in the growth variables analyzed. In the second experiment, it was found that the application of NDT partially attenuated the effects of water restriction in sunflower plants. In the third experiment, NDT presented results similar to the use of NPK as a fertilizer in sunflower plants under saline stress. Thus, the application of tilapia filleting fins waste as an organic fertilizer expands studies for sustainable development in Brazil, proving to be viable as an environmentally appropriate final disposal.

Keywords: Biodiesel. Organic fertilizer. Waste.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Matéria Seca da Raiz, da Parte Aérea e Total de plantas de girassol aos 30 DAS em substratos contendo areia, fertilizante comercial ou concentrações crescentes de resíduos de nadadeiras de tilápia. As colunas representam os valores das médias de cinco repetições. Diferentes letras indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com teste de Tukey ($P \leq 0,05$)31
- Figura 2 - Matéria fresca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação sob déficit hídrico. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)34
- Figura 3 - Teores de solutos orgânicos - Proteína (A), Prolina (B), Carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)36
- Figura 4 - Teores de solutos orgânicos - Proteína (A), Prolina (B), Carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)38
- Figura 5 - Altura (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C) e teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)40

Figura 6 - Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)42

Figura 7 - Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)44

Figura 8 - Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)46

Figura 9 - Matéria fresca da parte aérea (A), das raízes (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação com solução salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)48

Figura 10 - Teores de solutos orgânicos - Proteínas (A), prolina (B), carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)50

Figura 11 - Teores de solutos orgânicos - Proteínas (A), prolina (B), carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)52

Figura 12 - Altura (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C) e teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)54

Figura 13 - Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação com solução salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)56

Figura 14 - Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação com solução salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)58

Figura 15 - Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$)60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise físico-química dos resíduos de nadadeiras.....28

Tabela 2 - Percentual de germinação de sementes de girassol aos 7 DAS em substratos contendo areia, fertilizante comercial ou concentrações crescentes de resíduos de nadadeiras de tilápia. Diferentes letras na coluna indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com teste de Tukey ($P \leq 0,05$)28

Tabela 3 - Altura, diâmetro dos caules, teores relativos de clorofila e número de folhas de plantas de girassol aos 15 e 30 DAS em substratos contendo areia, fertilizante comercial ou concentrações crescentes de resíduos de nadadeiras de tilápia. Diferentes letras na coluna indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com teste de Tukey ($P \leq 0,05$)30

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Revisão De Literatura.....	12
2.1 Resíduos sólidos	12
2.2 Biofertilizante Orgânico	13
2.3 Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	14
2.4 Energias renováveis.....	15
2.5 Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.).....	16
2.6 Déficit Hídrico em Plantas	17
2.7 Estresse salino em plantas	18
2.8 Solutos orgânicos.....	19
2.9 Mecanismos enzimáticos.....	20
3. Objetivos	21
3.1 Objetivo Geral	21
3.2 Objetivos Específicos	21
4. Estratégia Experimental.....	22
5. Material e Métodos	23
5.1 Experimento 1	23
5.2 Experimento 2	25
5.3 Experimento 3	26
6. Resultados e Discussão.....	28
6.1 Experimento 1	28
6.2 Experimento 2	32
6.3 Experimento 3	47
7. Considerações Finais.....	61
8. Referências Bibliográficas	61

Anexos.....	74
--------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea passa por intensas modificações no padrão de consumo e no avanço da tecnologia. Porém, não há apenas benefícios, observa-se também uma maior geração de resíduos sólidos que necessitam de meios adequados para serem destinados. Caso contrário, poderão acarretar diversos problemas que impactam diretamente a população e o meio ambiente.

Dentre os problemas decorrentes pelo descarte inadequado de resíduos sólidos, destacam-se a contaminação dos recursos hídricos, odores, proliferação de vetores de doenças e poluição visual (Mori; Cabús; Freitas, 2016). Além disso, as enchentes e inundações, por vezes, são ocasionadas pelo acúmulo de resíduos que diminuem a eficiência dos sistemas de drenagem urbana.

Um exemplo de resíduo que carece de inovações para a sua destinação ambientalmente adequada, é o resíduo proveniente do processo de filetagem do pescado. Esse tipo de resíduo é apresentado por ser um subproduto com valor econômico inexpressivo, caracterizado pelas cabeças, espinhas, escamas, nadadeiras e peles (Bacelar; Muratori, 2020). Dentre os diversos tipos de pescados criados e produzidos no Brasil, destaca-se a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Entre as principais espécies de água doce que são cultivadas no mundo, a tilápia consegue suportar diferenças de temperatura, alta densidade de estocagem, baixo nível de oxigênio dissolvido e se aclimatar às águas de pHs extremos (Rocha, 2022).

Diante dessas características relevantes, a tilápia se torna um produto econômico importante para a indústria. Porém, a indústria busca aumentar a sua produtividade sem que isso implique necessariamente em maiores custos. Diante desse embate, surge a preocupação com o meio ambiente, para que isso não gere impactos ambientais negativos, sobretudo com o bem-estar do animal, consumo e a qualidade da água.

Como alternativa para o reaproveitamento dos restos do processo de filetagem, surge a carne mecanicamente separada (CMS), caracterizada, principalmente, pelas aparas do filé e toda a sua carcaça, além de ter relevante valor nutricional (Muzzolon *et al.*, 2018). Devido aos seus aspectos nutricionais, surge a possibilidade de utilizar como fertilizante orgânico na composição de substratos para as plantas.

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é um exemplo de espécie vegetal que poderia ser beneficiada com esse potencial fertilizante. Essa planta pode ser utilizada na alimentação de animais, ornamentação de parques, produção do óleo para consumo humano e biodiesel (Briega *et al.*, 2018). Além disso, o seu óleo vegetal pode ser utilizado na indústria farmacoterapêutica para o tratamento de feridas (Leite *et al.*, 2022).

Outra característica relevante do girassol é a sua capacidade de se aclimatar a ambientes com baixa disponibilidade hídrica (Mila *et al.*, 2017). Isso se torna extremamente interessante para regiões que apresentam precipitação pluviométrica irregular, sobretudo no semiárido, como é o caso da Região Nordeste do Brasil. Além da aclimação ao déficit hídrico, o girassol apresenta boa tolerância à salinidade (Silva; Nascimento, 2020). Tornando-se importante seu cultivo em solos nordestinos, devido à presença de rochas cristalinas e elevados teores de sais, além de ser característica de corpos hídricos com elevada carga de efluentes (De Brito *et al.*, 2022).

As respostas fisiológicas do cultivo de girassol frente ao déficit hídrico e em condições salinas, ainda carecem de mais estudos (Amaral *et al.*, 2021). Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização de nadadeiras de tilápia como fertilizante orgânico na composição de substratos para o cultivo de plantas de girassol. Adicionalmente, verificar os efeitos desse fertilizante orgânico em plantas de girassol submetidas ao déficit hídrico e ao estresse salino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos sólidos

O planeta atravessa intensas modificações que estão afetando a saúde e a qualidade de vida do ser humano. Algumas dessas modificações estão diretamente relacionadas ao aquecimento global, à intensificação do efeito estufa e à chuva ácida, entre outros. As causas desses fenômenos são diversas, mas uma fração considerável se dá pela disposição inadequada de resíduos sólidos.

Esses fenômenos poderiam ser atenuados se houvesse políticas públicas mais eficientes para a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Segundo a lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 entende-se por destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos:

Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos ((Brasil, 2010, cap. II, art. III, inc. VII).

Quando o resíduo não tem mais como ser recuperado, reutilizado ou qualquer outra forma de destinação final ambientalmente adequada, ele se torna rejeito. Os locais para onde são levados os rejeitos são o aterro sanitário, aterro controlado ou lixão.

Dentre essas alternativas, o aterro sanitário é a única forma de disposição final ambientalmente adequada, e pode ser definida como uma obra de engenharia onde se destina os resíduos de forma compactada na menor área geográfica possível (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1992). Além disso, o aterro sanitário ameniza os impactos ambientais sem acarretar em problemas relacionados à saúde pública, assim como à segurança da população (De Sousa; Bezerra; Lopes, 2020). Porém, no Brasil, 38,9% dos resíduos são dispostos de forma inadequada (Associação Brasileira de Empresas de Resíduos e Meio Ambiente - ABREMA, 2023).

Uma problemática relacionada aos aterros é a quantidade de materiais que poderiam ser reciclados e reutilizados que são destinados ao aterro sanitário. Isso torna atrativo para os catadores de materiais recicláveis, o que é proibido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, além de diminuir a vida útil do aterro sanitário (Galdino; Martins, 2015).

A construção de um aterro sanitário é uma obra bastante onerosa, ou seja, demanda uma quantidade significativa do orçamento público. Portanto, faz-se necessário encontrar novas alternativas para aumentar a vida útil dos aterros e levar até ele apenas o que realmente for rejeito.

2.2 Biofertilizante Orgânico

Uma alternativa para a diminuição de resíduos destinados de forma inadequada, se dá pelo reaproveitamento de resíduos orgânicos como biofertilizante para o cultivo de espécies vegetais.

Conforme Mendes (2019), a aplicação de biofertilizante proporciona diversas vantagens, como a redução de custos para as indústrias, implementação de novas

alternativas para a produção e atenuação de impactos ao meio ambiente. Há uma mitigação desses impactos pelo fato de diminuir a destinação final inadequada desses resíduos, assim como, na redução da aplicação de fertilizantes químicos (Maciel *et al.*, 2019).

A utilização desses resíduos é capaz de proporcionar incrementos da umidade do solo, reter cátions, auxiliar as plantas no combate às pragas, entre outros benefícios (Zanuncio *et al.*, 2020). Além disso, os biofertilizantes são viáveis em fornecer nutrientes para as plantas (Manoel *et al.*, 2020).

2.3 Tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Um exemplo de resíduo orgânico pode se dar pelos resíduos provenientes da filetagem de tilápia. Apenas no ano de 2022, o Brasil superou a produção de 550 mil toneladas de tilápia (*Oreochromis niloticus*), estabelecendo-se entre os quatro maiores produtores do mundo (Associação Brasileira da Piscicultura - PEIXE BR, 2023). Além disso, essa espécie juntamente com tambaquis, surubins, bagres e curimatãs, se destaca também nas exportações, sendo um ativo econômico relevante para a economia brasileira (Protoba, 2023). O estado do Ceará está entre os principais polos de produção de tilápia no Brasil (Schulter; Vieira Filho, 2018).

Porém, o seu valor está basicamente na comercialização do seu filé, tornando o restante, aproximadamente 67% do peixe, sem utilização pela indústria (Vidal *et al.*, 2011). Ou seja, nadadeiras, escamas, cabeça, vísceras, espinhas e pele não possuem grande valia no contexto industrial, sendo descartados e dispostos em aterros ou lixões. Além disso, podem ser despejados nos próprios corpos hídricos, como rios e lagoas (De Medeiros *et al.*, 2019). O que pode acarretar diversos problemas ao meio ambiente, à sociedade e à economia (Torres *et al.*, 2022). Além disso, Nascimento (2023) destaca que a cultura do reaproveitamento dos peixes ainda é pouco difundida no Brasil.

Portanto, esses resíduos por vezes são transformados em farinha de pescado (FP) para a própria alimentação desses peixes, pois é rica em macronutrientes e micronutrientes, como o cálcio e o fósforo (Souza *et al.*, 2020) Diante dessas ricas propriedades, outra alternativa para se aproveitar os resíduos da filetagem poderia ser como fertilizante orgânico para o cultivo de plantas (Alcântara, 2023).

Além disso, a atividade econômica que envolve o cultivo de peixes, conhecida como aquicultura, necessita de adequação aos padrões de sustentabilidade. Conforme a lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, também conhecida como Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, tem entre os seus objetivos promover:

O desenvolvimento sustentável da pesca e da aquicultura como fonte de alimentação, emprego, renda e lazer, garantindo-se o uso sustentável dos recursos pesqueiros, bem como a otimização dos benefícios econômicos decorrentes, em harmonia com a preservação e a conservação do meio ambiente e da biodiversidade (Brasil, 2009, cap. I, art. I, inc. I).

Portanto, é de grande importância que se encontrem novas alternativas ou tecnologias para o tratamento dos Resíduos de Filetagem de Tilápia (Lopes, 2020). Até mesmo para o aproveitamento em outras atividades econômicas, como a agricultura, seja ela de pequena, média ou larga escala.

2.4 Energias renováveis

Dentre os graves problemas que impactam o meio ambiente e a saúde da população, está a intensificação do aquecimento global. A problemática se intensifica devido à utilização em larga escala de combustíveis fósseis, fonte não renovável de energia. Esse fato ocasiona alterações nas precipitações pluviométricas e na temperatura global. Além dos problemas ao meio ambiente, ressalta-se o elevado custo das tarifas de energia elétrica cobrados pelas concessionárias, como outra problemática relacionada às fontes não renováveis de energia (Marques *et al.*, 2022).

No entanto, o Brasil possui um grande desafio para encontrar alternativas para substituir os combustíveis fósseis, pois estes são amplamente utilizados nas atividades industriais, no setor energético e nos transportes (Bertolo *et al.*, 2022). Diante disso, é relevante encontrar fontes de energia renovável que sejam viáveis para os padrões de sustentabilidade, assim como, para o desempenho das atividades econômicas.

Entende-se por energia renovável aquela fonte que é capaz de se regenerar na natureza, como é o caso da energia solar, eólica, biomassa, entre outras (De Araújo *et al.*, 2022). Os biocombustíveis são outro exemplo de utilização de energia de forma sustentável. Sua produção ocorre a partir da biomassa e pode ser utilizada como complemento às fontes não renováveis ou as substituindo.

O biodiesel é um exemplo de biocombustível. Essa fonte renovável de energia é caracterizada, principalmente, por ser uma alternativa frente ao óleo diesel, que é utilizado, sobretudo, no setor de transportes (Hosseinzadeh-Bandbafha *et al.*, 2018). O biodiesel possui características que o torna diferente das demais fontes de energia, como a sustentabilidade, biodegradabilidade e baixa emissão de poluentes e gases do efeito estufa (Syafiuddin *et al.*, 2020). Além disso, ele auxilia na redução líquida de emissões dos gases do efeito estufa, pois o CO₂ resultante da sua queima é reabsorvido pelos próprios vegetais (De Paulo, 2019).

Os óleos vegetais são amplamente utilizados na produção de biodiesel, dentre eles destacam-se o girassol, o milho, a canola e a soja (De Freitas *et al.*, 2022). Faz-se necessário buscar novas soluções para a produção do biodiesel para atenuar o valor financeiro que é mais dependente do óleo de soja (Lopes; Dos Santos; Do Nascimento, 2022).

Diante desse contexto, surge o girassol como uma alternativa já utilizada, mas que pode ter suas tecnologias avançadas e aprimoradas para que se tenha uma maior produção buscando o desenvolvimento sustentável.

2.5 Girassol (*Helianthus annuus* L.)

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertence à família Asteraceae, originária da América do Norte e é uma dicotiledônea anual muito relevante comercialmente (Araújo *et al.*, 2018). Além disso, é uma espécie de cultivo econômico que não requer grandes maquinários (Coriolano *et al.*, 2014). Uma característica relevante do girassol, que é extremamente importante no contexto da Região Nordeste do Brasil, está no fato de ser uma planta com moderada tolerância a períodos mais secos e ao calor (Pacheco, 2019).

Além da sua boa capacidade de aclimação, acrescenta-se o fato de ser uma espécie vegetal que pode ser utilizada na alimentação de animais e seres humanos, na ornamentação e na indústria farmacêutica. Além disso, o girassol representa um potencial agrícola, já que é bastante utilizado mundialmente como óleo vegetal, destacando-se ao lado da palma, soja e canola (De Oliveira, 2023). O girassol também é uma planta muito importante para os polinizadores, como as abelhas, que são atraídas pelas suas flores (De Almeida, 2022).

O girassol é muito utilizado na produção de biodiesel, uma fonte de energia limpa que visa substituir a utilização de combustíveis fósseis, podendo ser aplicado em veículos automotores e em transporte de carga (Murta, A.; De Freitas; Murta, M., 2023). Isso pode ser atribuído ao elevado teor de óleo presente nessa espécie vegetal, chegando a aproximadamente 40% de toda a sua composição (Smaniotto *et al.*, 2020).

Portanto, diante do exposto, é relevante que sejam realizados mais estudos sobre essa espécie vegetal extremamente importante para diversas áreas, como a indústria, a economia e o meio ambiente. Além disso, faz-se necessário a verificação da atuação de utilização de um fertilizante orgânico em condições adversas às plantas, como em escassez hídrica e sob a presença de sais.

2.6 Déficit Hídrico em Plantas

As plantas apresentam aproximadamente 90% de água na composição, sendo esse recurso essencial para o seu crescimento e desenvolvimento (Ferreira *et al.*, 2023). Além disso, os vegetais atuam diretamente no ciclo hidrológico, captando a água proveniente das precipitações, ou, por meio da evapotranspiração, que consiste na liberação de água para a atmosfera.

Um grave problema para o ciclo hidrológico no atual momento do planeta é a intensificação de eventos climáticos, como o aquecimento global (Abreu, 2022). Conforme Bezerra (2023), a Região Nordeste do Brasil é impactada diretamente pelos fenômenos climáticos, como o El Niño Oscilação Sul (ENOS), os quais podem intensificar precipitações ou ocasionar anomalias. Esse fenômeno ocorre por meio da interação entre a atmosfera e o Oceano Pacífico Equatorial, sendo composto por duas fases: a de aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) (Matzenauer; Radin; Maluf, 2017). Diante disso, percebe-se que a escassez de água aliada à má distribuição e à constante irregularidade são problemas que podem afetar diretamente o cultivo e o desenvolvimento das plantas.

A escassez de água pode ocasionar condições de estresse para as plantas. O estresse hídrico, também chamado de déficit hídrico, é definido como a diminuição drástica ou ausência de água no solo, reduzindo a absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular da planta (Campos; Santos; Nacarath, 2021). Aproximadamente, 95% da água absorvida pelas raízes se perde por meio da evapotranspiração, sendo os outros

5%, responsáveis pelo seu crescimento e pelas reações bioquímicas do metabolismo vegetal (Taiz *et al.*, 2017). Conforme Bianchi, Germino e Silva (2016), a água está diretamente relacionada ao crescimento, transporte e metabolismo das plantas.

O déficit hídrico pode afetar as plantas, reduzindo o crescimento da parte aérea (Steiner *et al.*, 2019). O estômato é uma das estruturas que mais reagem à escassez hídrica. Essa estrutura se fecha ao perceber a baixa disponibilidade hídrica, dificultando a perda de água através da evapotranspiração. Por isso, é comum observar a redução da taxa fotossintética em períodos de déficit hídrico (Cruz *et al.*, 2023). O fechamento estomático ocasiona o declínio nas taxas de assimilação do CO₂ (Barbosa; De Souza; Nascimento, 2023). Portanto, o estresse ocasionado por situações de escassez de água afeta diretamente a evapotranspiração e a fotossíntese das plantas, podendo ocasionar a morte vegetal.

Diante do exposto, é extremamente relevante acompanhar o crescimento e desenvolvimento das plantas em regiões que convivem com a seca, para otimizar a sua produção. Portanto, faz-se necessário analisar o efeito da deficiência hídrica em plantas de girassol, sobretudo, visando a sua produção agrícola.

2.7 Estresse salino em plantas

Cavalcante *et al.* (2016) destacam que o processo de salinização pode ocorrer de forma natural; quando há processos de intemperismo das rochas e solubilização dos seus respectivos componentes minerais, ou de forma antrópica; quando se dá pela irrigação e fertilização mineral.

O semiárido brasileiro é uma região que, além de apresentar irregularidades pluviométricas, também pode ter elevada salinidade na água de irrigação ou nos solos utilizados para o plantio. Isso pode ocorrer pelo fato de que as regiões semiáridas são impactadas pelos processos primários de salinização, como o intemperismo e processos de cristalização (Da Silva, 2020). Além disso, as altas taxas de evapotranspiração contribuem para o acúmulo de sais no solo na Região Nordeste do Brasil (Santos, 2022). As áreas semiáridas do Nordeste brasileiro apresentam alta atividade de intemperismo químico e lixiviação; além disso, também apresentam drenagem deficiente (Pessoa *et al.*, 2019).

Outra problemática, além do teor de sais devido às rochas cristalinas, é o manejo inadequado da irrigação. Isso é desencadeado pelo uso intensivo de fertilizantes, que,

quando agregados à alta demanda evaporativa de regiões áridas e semiáridas, dificultam a lixiviação dos sais que estão presentes no solo (Sá, 2016). Além disso, a água utilizada na irrigação, dependendo da sua concentração de sais, pode inviabilizar o seu uso (De Lima *et al.*, 2020). Portanto, a concentração excessiva de sais pode afetar a produção agrícola (Nóbrega *et al.*, 2019). Diante da demanda por água para a agricultura, principalmente devido aos recursos hídricos escassos, é importante que se adote, quando possível e bem manejado, a utilização de água salina no cultivo de plantas (De Sousa *et al.*, 2014).

Porém, a salinidade da água ainda constitui um dos fatores limitantes ao desenvolvimento de algumas plantas, pois as alterações fisiológicas ocasionadas por esse tipo de estresse podem reduzir a taxa fotossintética, destruir o cloroplasto e degradar pigmentos fotossintéticos (De Oliveira *et al.*, 2018).

Os efeitos da salinidade são sentidos até mesmo na qualidade das sementes, o que pode prejudicar a qualidade fisiológica e a germinação (Trevizan *et al.*, 2020). Conforme Sá (2014), ao comprometer a germinação de uma planta, também ocorre a interferência na produção de fotoassimilados. Portanto, o elevado teor de sais pode comprometer desde as fases iniciais de desenvolvimento de uma planta até o seu crescimento.

Portanto, devido à necessidade de utilização de água com concentração de sais no cultivo de plantas, sobretudo na Região Nordeste do Brasil, faz-se necessário realizar mais estudos para verificação do comportamento de diversas culturas e oferecer alternativas para evitar maiores danos às plantas sob estresse salino.

2.8 Solutos orgânicos

Ao estarem em situações de estresse, as plantas podem apresentar respostas através do acúmulo de solutos orgânicos, como aminoácidos, carboidratos, proteínas e prolina, com a finalidade de atenuar os efeitos deletérios (Cova *et al.*, 2016).

Por meio do acúmulo de solutos orgânicos, as plantas tornam-se mais capazes de tolerar o déficit hídrico ou salino, em face do ajustamento osmótico (Paixão *et al.*, 2014). Portanto, o acúmulo desses osmorreguladores é uma estratégia da planta frente aos desafios da baixa disponibilidade hídrica ou excesso de sais (Da Silva Filho, 2022).

Em situações de estresse abiótico, a prolina ativa mecanismos nas plantas que realizam o ajustamento osmótico, eliminando radicais livres. O acúmulo de prolina é uma sinalização de tolerância da planta ao estresse salino, por exemplo (Souza *et al.*, 2021).

Os carboidratos, as proteínas e os aminoácidos solúveis atuam com função protetora e osmorreguladora, pois, por meio do ajustamento osmótico, ocorre a retenção de água dentro das células, protegendo as biomembranas no período de estresse (Dos Santos Júnior; Oliveira; Da Silva, 2020).

Portanto, a observação do acúmulo de solutos orgânicos é extremamente relevante para a análise de espécies vegetais frente às condições de estresse, tanto hídrico quanto salino. Diante disso, é importante a realização de análises bioquímicas para a verificação da atuação de carboidratos solúveis, prolina livre, proteínas e aminoácidos livres, sob condições de estresse em plantas de girassol suplementadas com nadadeiras de tilápia.

2.9 Mecanismos enzimáticos

As Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) são constituintes do sistema de defesa do vegetal (Da Silva *et al.*, 2021). Além disso, essas espécies são produzidas de forma natural nas próprias organelas dos vegetais, como as mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos e atuam como sinalizadores celulares (Karuppanapandian *et al.*, 2011). Essas organelas estão entre os principais locais de produção das EROs por possuírem alta atividade de oxidação metabólica (Nascimento; Barrigossi, 2014).

Entretanto, quando ocorre um desequilíbrio entre a produção de EROs e a sua eliminação, tornam-se prejudiciais às plantas, sendo danosas às proteínas e ao DNA, podendo desencadear a sua morte (Miller *et al.*, 2010). Como forma de reduzir ou eliminar os efeitos negativos das EROs, as plantas desenvolveram mecanismos antioxidantes enzimáticos ou não enzimáticos (Almeida, 2016).

Alguns exemplos dessas EROs são o radical superóxido (O_2^-), o radical hidroxila (OH) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (Nxele; Klein; Ndimba, 2017). Quando a planta está submetida ao estresse salino, ocorre a produção excessiva dessas EROs (De Oliveira, 2024). Além do estresse salino, a disponibilidade hídrica também proporciona o acúmulo de EROs (Sartori; De Oliveira; Zucareli, 2021).

Dentre as enzimas que atuam como sistema antioxidativo primário, têm-se: a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase do ascorbato (APX) e a peroxidase do guaiacol (GPX) (Yap *et al.*, 2021). A SOD é a primeira enzima de defesa antioxidante do vegetal, atuando contra os efeitos nocivos do radical superóxido, convertendo esse radical em oxigênio molecular (O_2) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (Palma, 2021). A enzima APX catalisa a reação de conversão do H_2O_2 em H_2O e O_2 , além de ser importante o fato de essa enzima estar em equilíbrio com a SOD, pois elas atuam na detoxificação das EROs, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radicais superóxidos (O_2^-) (Borjas-Ventura *et al.*, 2019). Conforme Palma (2021), a GPX atua na redução do estresse oxidativo, reduzindo o H_2O_2 e hidroperóxidos orgânicos e lipídicos. Por fim, a CAT é uma enzima encontrada nos peroxissomos das plantas, sendo importante na eliminação de H_2O_2 em água (H_2O) e oxigênio (O_2), além de atuar na defesa antioxidante em condições adversas (Nicolai, 2024). Segundo Nascimento e Barrigossi (2014), a CAT é a enzima que atua como a principal via de degradação do H_2O_2 .

Diante do exposto, torna-se relevante a necessidade de análises bioquímicas que permitam a observação da atuação dessas enzimas em situações estressantes, como o estresse salino e o déficit hídrico para o girassol, aplicando nadadeiras de tilápia como fertilizante orgânico.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade da utilização de resíduo de nadadeira de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como fertilizante orgânico sobre a fisiologia e a bioquímica de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.), crescendo sob condições de irrigação (controle), déficit hídrico ou estresse salino.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar a concentração de nadadeira de tilápia que ocasiona melhores resultados relativos ao crescimento das plantas, bem como a sua viabilidade;
- Avaliar variáveis de crescimento: produção de matéria fresca e seca; altura da parte aérea, área foliar; diâmetro do caule; número de folhas e teores relativos de clorofila;

- Analisar os efeitos produzidos pelas nadadeiras de tilápia nas plantas sob condições de déficit hídrico ou estresse salino;
- Determinar as atividades das enzimas antioxidativas (SOD, CAT, APX e GPX) por espectrofotometria para as plantas em déficit hídrico ou estresse salino;
- Determinar os teores de solutos orgânicos (proteínas, carboidratos, prolina e N-aminossolúveis) por espectrofotometria para as plantas em déficit hídrico ou estresse salino.

4. ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL

O experimento de campo foi realizado em uma casa de vegetação vinculada ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Maracanaú, localizado na Avenida Parque Central, 1315 - Distrito Industrial I, Maracanaú - CE, 61939-140 (3°52'19"S, 38°36'40"W). Segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2017), o município está inserido no clima tropical quente subúmido. Além disso, possui pluviosidade de 1.399,9 mm, com temperatura média de 26°C a 28°C e período chuvoso de janeiro a maio (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, 2017).

A pesquisa foi dividida em três experimentos independentes. No primeiro experimento, realizado em agosto de 2022, analisou-se a viabilidade da utilização das nadadeiras de tilápia como fertilizante orgânico para o cultivo de plantas de girassol, avaliando as variáveis: porcentagem de emergência, altura, número de folhas, diâmetro do caule, teor relativo de clorofila e as massas secas da raiz, parte aérea e total. Os resultados foram publicados no capítulo de livro intitulado “**A utilização de resíduos de nadadeiras de filetagem de tilápia como fertilizante orgânico para o cultivo de girassol**”, lançado pela Editora Científica Digital (<https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/240215749>).

De posse da melhor concentração a ser empregada no cultivo de girassol, foram executados o segundo e terceiro experimentos, em situações de déficit hídrico e estresse salino, respectivamente. Em ambos, além das variáveis de crescimento, foram analisadas as atividades enzimáticas antioxidativas e os teores de solutos orgânicos nas plantas de girassol.

O experimento com déficit hídrico foi realizado em setembro de 2023 e os dados obtidos originaram dois artigos. O primeiro analisou as atividades das enzimas antioxidativas e foi submetido à revista *Holos*, com conceito Qualis Capes A1; já o segundo contém os resultados dos teores de solutos orgânicos e foi publicado na revista *Dellos*, com conceito Qualis Capes B1.

O experimento com estresse salino ocorreu em outubro de 2023 e também originou dois artigos. O primeiro artigo foi submetido à *Revista Brasileira Multidisciplinar* de conceito Qualis Capes B1, onde constaram os resultados das análises de enzimas antioxidativas. No segundo artigo foram abordados os resultados dos teores de solutos orgânicos e foi submetido à revista *Ciência e Natura*, que possui conceito Qualis Capes A3.

Dessa forma, a presente dissertação resultou em 5 publicações. Sendo 4 artigos científicos e 1 capítulo de livro.

Os três experimentos foram conduzidos na casa de vegetação que pertence ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal, localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus Maracanaú*.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento 1

O resíduo da filetagem de tilápia (RFT) foi adquirido por meio de doação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) para fins de pesquisa científica, sendo composto por escamas, nadadeiras e cabeças. Foram empregados somente os resíduos das nadadeiras após passarem por secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C durante 48 horas e posteriores análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, para se obter as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e demais macro e micronutrientes, utilizando a metodologia de Malavolta *et al.* (1997). Em seguida, utilizou-se as concentrações de nitrogênio na composição dos substratos para cultivo de girassol. As concentrações foram calculadas seguindo-se a recomendação para essa cultura, ou seja, 60 kg de nitrogênio por hectare (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2014).

As sementes de girassol foram obtidas por meio de doação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Soja – Londrina-PR) e, para a composição dos substratos de *Helianthus annuus* L., utilizou-se areia de granulometria fina juntamente com nadadeiras provenientes do RFT. As sementes passaram por seleção e pelo processo de higienização com solução de hipoclorito de sódio (25%) e água destilada (75%) por 5 minutos, seguido de lavagem com água destilada. As sementes foram semeadas em vasos de 5 L contendo os seguintes tratamentos: 1) 100% (em volume) de areia de granulometria fina (NBR 6502); 2) Areia + fertilizante orgânico misto a 60 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + Nadadeira do RFT a 30 kg de N ha⁻¹; 4) Areia + Nadadeira do RFT a 60 kg de N ha⁻¹; 5) Areia + Nadadeira do RFT a 90 kg de N ha⁻¹; 6) Areia + Nadadeira do RFT a 120 kg de N ha⁻¹. Cada tratamento contou com 6 repetições.

O fertilizante orgânico misto utilizado nesse experimento é da fabricante BioAdubo Fertilizantes. O material possui como matérias-primas: esterco de galinha, esterco bovino, bagaço de cana, casca de arroz e serragem de madeira.

Os substratos foram umedecidos a 80% da capacidade de campo com água, pesados e a massa perdida pelo processo de evapotranspiração repostada diariamente através de rega diária.

Foram realizadas as seguintes avaliações: percentual de germinação, altura da planta, diâmetro do caule, teores relativos de clorofila, número de folhas, produção de massa seca das raízes, partes aéreas e totais.

Ao completar sete dias após a semeadura (DAS), contabilizou-se o percentual de germinação através da contagem de sementes emergidas do substrato. Aos quinze e trinta DAS, avaliaram-se: altura da planta (cm), diâmetro (mm), número de folhas e teores relativos de clorofila. Para a altura das plantas, foi utilizado uma régua de poliestireno transparente de trinta centímetros. O diâmetro do caule foi medido por meio do paquímetro digital 150mm display LCD Premium da Vinwer. O número de folhas foi contabilizado de forma manual. Por fim, o medidor portátil SPAD indicou o índice dos teores relativos de clorofila da planta de forma instantânea com o uso do equipamento SPAD-502 da Minolta.

Esse experimento teve a duração de 30 dias, entre os meses de junho e julho do ano de 2022. As plantas foram coletadas 30 dias após a semeadura (DAS) para a determinação da produção de matérias secas. O material foi higienizado e, em seguida,

separado em raízes, caules e folhas. Para a obtenção das matérias secas, os materiais foram colocados em uma estufa com circulação forçada de ar a 60° C até atingir a massa constante e pesados após dois dias. Logo após, houve a elaboração de gráficos, por meio do software SigmaPlot 12. Por fim, a análise de variância (ANOVA) foi realizada por meio do software Sisvar, com o nível de significância de 5%.

5.2 Experimento 2

Os materiais empregados para o cultivo de girassol seguiram as mesmas técnicas mencionadas no experimento 1, diferenciando-se por incluir a restrição hídrica durante o trabalho de campo. A condução do experimento ocorreu entre os meses de agosto e setembro de 2023.

Para a composição de substratos, foram utilizadas as sementes de girassol, cultivar BRS 323, areia de granulometria fina, nadadeiras de tilápia e NPK na formulação 10:10:10.

Os tratamentos foram: 1) Apenas areia de granulometria fina; 2) Areia + NPK 10:10:10 a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + Nadadeiras de tilápia a 80 kg de N ha⁻¹. Esses tratamentos foram duplicados para que houvesse a restrição hídrica em um grupo e o outro continuasse sendo irrigado. Cada tratamento teve 6 repetições.

Foram analisadas as mesmas variáveis de crescimento do experimento 1, assim como, foram empregados os mesmos materiais.

A cada 7 dias, foram realizadas as análises das variáveis de crescimento. Ao 7º dia, foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas em cada vaso até o fim do experimento. A irrigação foi diária, mantida a 70% da capacidade de campo. No 20º DAS, houve a suspensão da rega em metade dos tratamentos. Aos 28 DAS, foi realizada a coleta das plantas.

Os materiais foram higienizados e lavados em água corrente. Em seguida, foram separados em raízes e folhas para a obtenção da matéria fresca e seca, da mesma forma como ocorreu no experimento 1.

Foram avaliadas as atividades das enzimas Peroxidase do Ascorbato (APX), Catalase (CAT), Peroxidase do Guaiacol (GPX) e Dismutase do Superóxido (SOD). Os solutos orgânicos analisados foram: prolina, proteínas solúveis, carboidratos solúveis e N-aminossolúveis.

Inicialmente, foram preparados extratos a partir de 1g de raízes e folhas frescas, separadamente. Em seguida, essas massas foram inseridas em um almofariz para a maceração. Acrescentou-se ao almofariz 4,0 mL de tampão fosfato de potássio a 100 mM de pH 7, contendo EDTA a 0,1 mM e ácido ascórbico a 1 mM. Após a maceração, o material obtido foi filtrado em tecido de náilon de malha fina e colocado em um bécker de vidro de 25 mL. Em seguida, foram armazenados em microtubos de 2,0 mL e centrifugados em uma centrífuga digital a 10.000 x g por 15 minutos. Ao final do processo, foi retirado o sobrenadante e transferido para novos microtubos de 2,0 mL para posterior análise enzimática. Os microtubos foram armazenados em um congelador.

A análise de APX seguiu a metodologia de Nakano e Asada (1981). A CAT seguiu o método de Havir e McHale (1987). Para a análise de GPX, foi empregado o método de Kar e Mishra (1976). As unidades das análises bioquímicas da APX, CAT e GPX foram expressas em $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$. O método de Beauchamp e Fridovich (1971) foi utilizado para a análise de SOD. O resultado para SOD foi expresso em UA (Unidade de Atividade Enzimática) $\text{g}^{-1} \text{ MF}$.

A análise de prolina seguiu o método de Bates, Waldren e Teare (1973). A metodologia de Dubois *et al.* (1956) foi empregada nas análises de carboidratos solúveis. Yemm, Cocking e Ricketts (1955) compuseram a metodologia trabalhada para a análise de N-aminossolúveis. A análise dos teores de proteínas seguiu o método de Bradford (1976).

Após a obtenção de todos os resultados das análises enzimáticas e solutos orgânicos, seguiu-se para a análise estatística. Ela ocorreu por meio da Análise de Variância (ANOVA), com suas médias sendo comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) por meio do software Sisvar 5.8. Em seguida, houve a elaboração dos gráficos com o auxílio do SigmaPlot 12.

5.3 Experimento 3

Os materiais e técnicas empregados seguiram da mesma forma que no experimento 2; porém, em vez de se utilizar a restrição hídrica, fez-se a adição de solução salina durante o trabalho de campo.

O experimento ocorreu entre os meses de outubro e novembro de 2023. Os tratamentos foram: 1) 100% areia de granulometria fina; 2) Areia + NPK 10:10:10 a 80 kg de N ha⁻¹; 3) Areia + nadadeiras de tilápia a 80 kg de N ha⁻¹.

Cada tratamento foi duplicado, de modo que, em uma metade, houve o acréscimo de solução salina, enquanto a outra metade continuou sendo irrigada com água de abastecimento oriunda da COGERH. Cada tratamento continha seis repetições.

A cada sete dias, a partir do início da semeadura, foram realizadas análises das variáveis de crescimento, conforme as metodologias empregadas nos experimentos 1 e 2.

No sétimo dia após a semeadura (DAS), foi realizado o desbaste, retirando-se três plantas germinadas, permanecendo duas em cada vaso para a condução do experimento. A irrigação foi diária, correspondendo a 70% da capacidade de campo. No 15º DAS, houve a alteração da irrigação em metade dos tratamentos, onde uma parte continuou sendo irrigada normalmente com água de abastecimento, sem acréscimo de NaCl, e a outra metade passou a ser irrigada com solução salina de NaCl a 80 mM. Aos 30 DAS, foi realizada a coleta das plantas.

A parte aérea da planta, assim como as raízes, foi higienizada e lavada em água corrente no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal. Em seguida, as plantas foram separadas em raízes e folhas para a obtenção das massas relativas à matéria fresca e seca, utilizando-se os mesmos métodos empregados nos experimentos 1 e 2.

De posse da matéria fresca congelada, foram preparados extratos para a determinação das atividades das enzimas APX, CAT, GPX e SOD, seguindo a mesma metodologia do experimento 2.

Foram analisados os teores de solutos orgânicos, como prolina, proteínas solúveis, carboidratos solúveis e N-aminossolúveis, conforme as metodologias descritas no experimento 2.

Após a obtenção de todos os resultados das variáveis de crescimento, atividades enzimáticas e teores de solutos orgânicos, prosseguiu-se com a análise estatística. Para isso, foi utilizado o software Sisvar 5.8, com nível de significância de 5%. Para melhor visualização dos resultados, utilizou-se o SigmaPlot 12.0.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento 1

Na Tabela 1 estão os resultados da análise físico-química das nadadeiras de tilápia.

Tabela 1 - Análise físico-química dos resíduos de nadadeiras.

g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
41,3	84,1	192,7	2,92	3,6	14,29	0,69	119,9	1,60	157,7	24,24

Fonte: Próprio autor (2023).

Aos 7 dias após a semeadura (DAS) foi verificado o percentual de germinação das plântulas de girassol. Observou-se que os valores foram maiores nos tratamentos que continham nadadeiras, com destaque para o tratamento de 120 Kg de N ha⁻¹ que foi 71% maior que o tratamento que continha areia, assim como, 60% maior que o tratamento com fertilizante comercial, conforme indica a Tabela 2.

Tabela 2 - Percentual de germinação de sementes de girassol aos 7 DAS em substratos contendo areia, fertilizante comercial ou concentrações crescentes de resíduos de nadadeiras de tilápia. Diferentes letras na coluna indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tratamento	Taxa de Germinação (%)
Areia	56%a
Fertilizante comercial	60%ab
30 Kg N ha ⁻¹	68%ab
60 Kg N ha ⁻¹	76%ab
90 Kg N ha ⁻¹	84%bc
120 Kg N ha ⁻¹	96%c

Fonte: Próprio autor (2023).

Aos 15 DAS e 30 DAS foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta, diâmetro do caule, teores relativos de clorofila e número de folhas. Os tratamentos que continham nadadeiras sobressaíram-se quando comparados aos tratamentos contendo areia ou fertilizante comercial, como indica na Tabela 3.

Tabela 3 - Altura, diâmetro dos caules, teores relativos de clorofila e número de folhas de plantas de girassol aos 15 e 30 DAS em substratos contendo areia, fertilizante comercial ou concentrações crescentes de resíduos de nadadeiras de tilápia. Diferentes letras na coluna indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tratamento	Altura (cm)		Diâmetro (mm)		Teores relativos de clorofila		Nº de folhas	
	15	30	15	30	15	30	15	30
	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS
Areia	3,20a	9,10a	2,41a	4,75a	21,18a	26,86a	3a	6a
Fertilizante comercial	4,24b	12,32b	3,31b	5,58a	25,16b	33,80b	4,40b	8b
30 Kg N ha ⁻¹	4,56b	16,18c	3,52b	7,18b	35,24c	42,54c	5,80c	8,80bc
60 Kg N ha ⁻¹	6,12c	18,34cd	5,09c	7,47b	35,48c	44,64d	7,20d	9,60cd
90 Kg N ha ⁻¹	8,34d	18,84d	5,76c	8,26bc	36,38c	46,40e	8de	10,20cd
120 Kg N ha ⁻¹	10,94e	20,70d	5,80c	9,23c	38,78d	47,62f	9,20e	11d

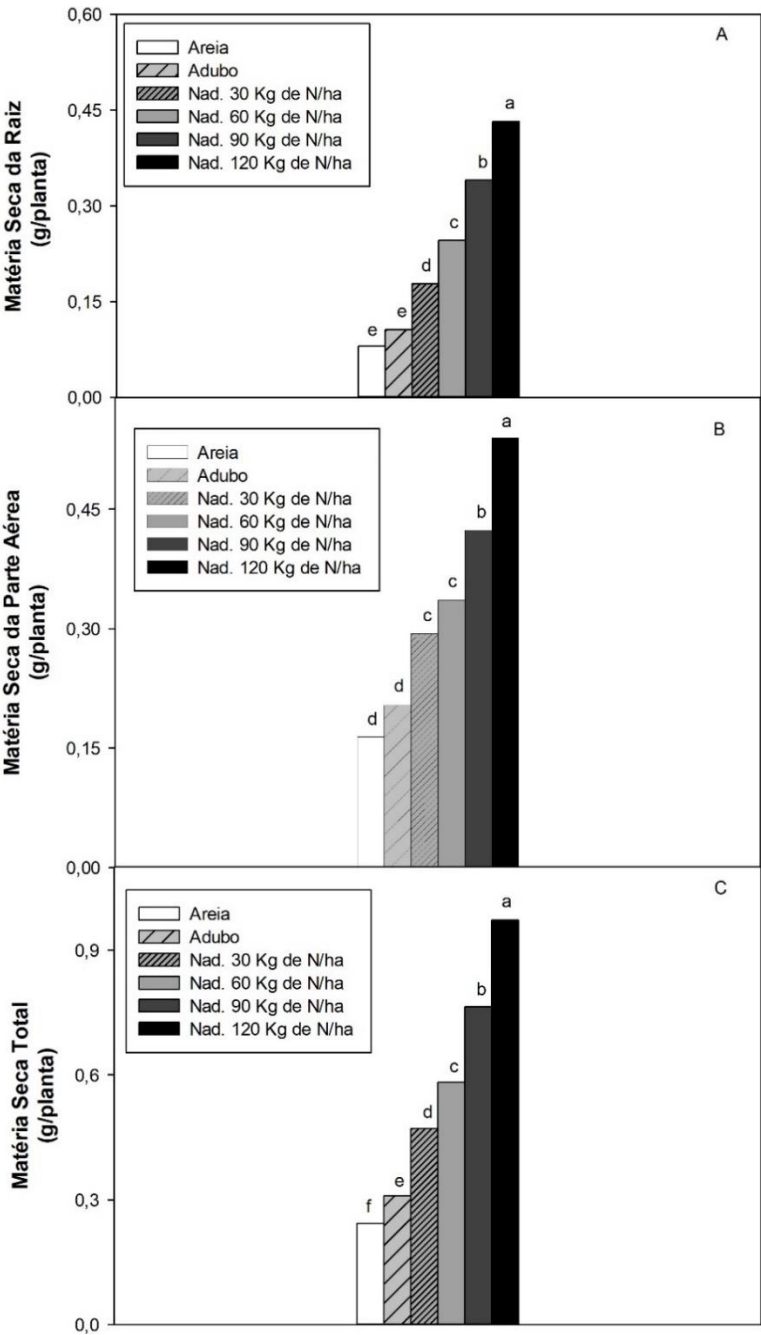
Fonte: Próprio autor (2023).

As plantas dos tratamentos com nadadeira apresentaram um maior crescimento em altura, diâmetro do caule, teores relativos de clorofila e número de folhas. Destaque para o tratamento contendo nadadeiras a 120 kg de N ha⁻¹, com os maiores resultados.

Para a produção de matéria seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST), observou-se que as plantas que continham nadadeiras apresentaram valores superiores aos demais tratamentos. Para a MSR, verificou-se os maiores valores para os tratamentos contendo nadadeiras, com destaque para o tratamento a 120 kg de N ha⁻¹, sendo superior em 81% e 75% em comparação com os tratamentos areia e fertilizante comercial, respectivamente (Figura 1A). Para a MSPA, observou-se maiores valores em todos os tratamentos com nadadeiras, sobressaindo-se novamente o tratamento a 120 kg de N ha⁻¹, que foi superior em 70% e 63% em relação aos tratamentos com areia e fertilizante comercial (Figura 1B). Semelhantemente, para a MST, o tratamento com

nadadeira a 120 kg de N ha⁻¹ apresentou média superior em 75% quando comparada ao tratamento com areia e 68% em comparação ao tratamento com fertilizante comercial (Figura 1C).

Figura 1 - Matéria Seca da Raiz, da Parte Aérea e Total de plantas de girassol aos 30 DAS em substratos contendo areia, fertilizante comercial ou concentrações crescentes de resíduos de nadadeiras de tilápia. As colunas representam os valores das médias de cinco repetições. Diferentes letras indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de acordo com teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2023).

A germinação do girassol pode variar devido aos fatores ambientais, como a temperatura, condições do solo e a precipitação pluviométrica (Castro; Farias, 2005). Para Albuquerque e Carvalho (2003), além dos fatores ambientais, a qualidade das sementes também pode influenciar. Dessa forma, os resultados obtidos corroboram com as avaliações feitas por De Sousa Filho *et al.* (2024) que indicam maiores germinações para substratos contendo sedimentos do tanque de criação de tilápia.

Os tratamentos utilizando nadadeiras apresentaram maior crescimento com relação à altura da planta, o número de folhas, diâmetro do caule e teores relativos de clorofila. Isso pode ser explicado por existir uma maior disponibilidade de nutrientes, especialmente nitrogênio, nesses tratamentos, auxiliando no desenvolvimento da planta (Irving, 2015). Esses resultados confirmam com as análises de Ramos *et al.* (2015) que demonstraram que houve crescimento significativo na altura da palma forrageira utilizando adubação orgânica. A adubação orgânica também pode influenciar no diâmetro do caule da planta, o que impacta na capacidade de transporte da planta, consequentemente, no seu desenvolvimento (Costa *et al.*, 2008). Os tratamentos que continham nadadeira apresentaram maiores valores relacionados aos teores relativos de clorofila, o que está de acordo com Schadchina e Dmitrieva (1995), que essa variável está relacionada com os teores de nitrogênio disponíveis.

Com relação a maior produção de MSR, MSPA e MST utilizando nadadeiras quando comparado aos demais tratamentos, os resultados apresentados por Aderaldo *et al.* (2023) ao usar escamas de tilápia, também apresentaram maiores produções de MS quando comparado ao tratamento controle e areia. Além disso, os resultados das análises de Sena *et al.* (2021) indicam que os tratamentos para o cultivo de *Erythrina velutina* que continham compostos orgânicos foram superiores na MSR, MSPA e MST quando comparados aos demais tratamentos.

6.2 Experimento 2

De modo geral, observou-se que a suspensão da irrigação ocasionou redução na MFPA, MFR e MFT, conforme a Figura 2. Diante disso, verificou-se que o déficit hídrico impactou de forma negativa no crescimento de plantas de girassol.

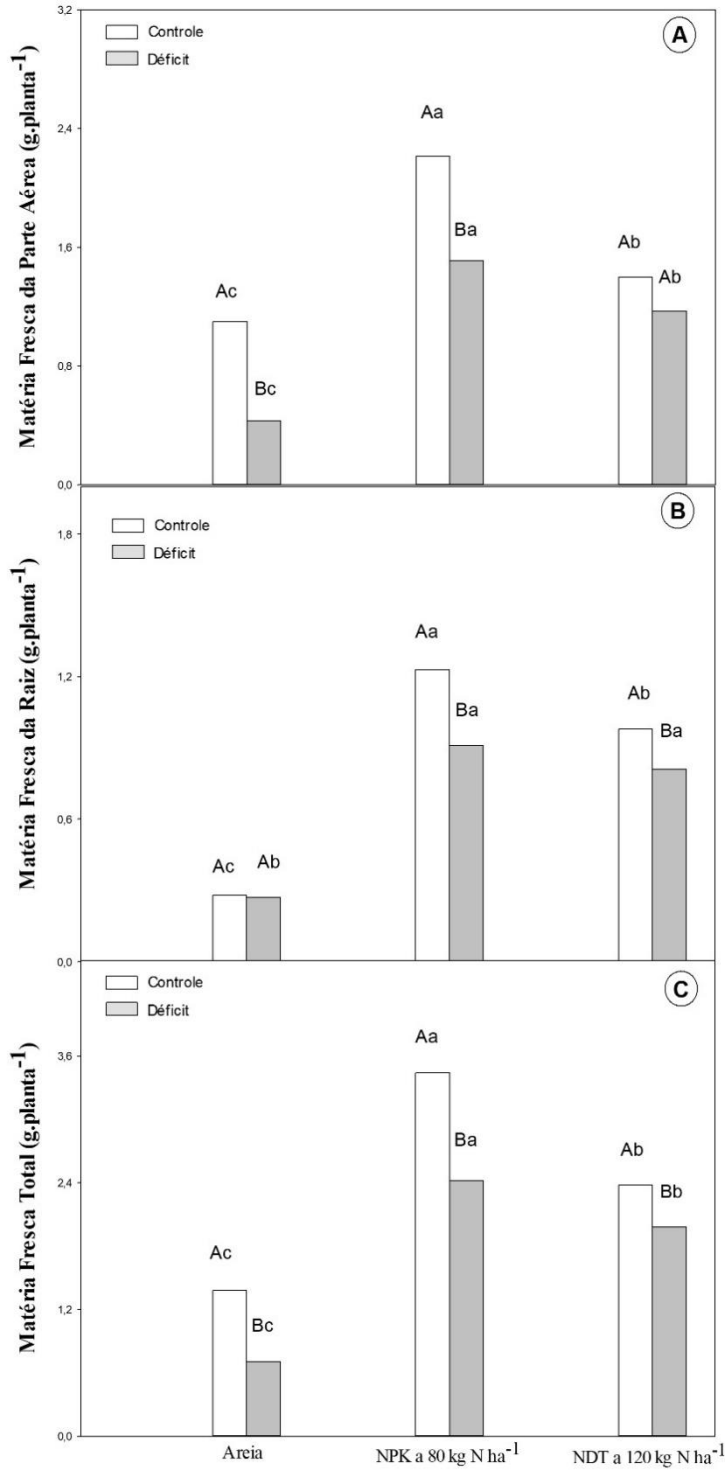
Para a MFPA, verificou-se maiores resultados no tratamento com NPK, sendo superiores à média dos tratamentos areia e com NDT, conforme a Figura 2A. Em condições de controle esses aumentos foram de 58 e 101%, respectivamente, em

condições de déficit hídrico de 29 e 251%. Segundo Steiner *et al.* (2019), a baixa disponibilidade de água pode afetar o crescimento da parte aérea das plantas.

Com relação à MFR, os maiores resultados foram encontrados no tratamento com NPK, sendo superiores aos tratamentos areia e NDT, conforme a Figura 2B. O aumento em média foi de 26 e 339% em condições de controle, respectivamente, e de 12 e 237% em déficit hídrico.

A produção de MFT foi superior para o tratamento com NPK quando comparado aos tratamentos areia e NDT, conforme a Figura 1C. Os aumentos foram, em média de 45 e 149% em condições de controle, respectivamente, e de 22 e 246% sob déficit hídrico.

Figura 2 - Matéria fresca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação sob déficit hídrico. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



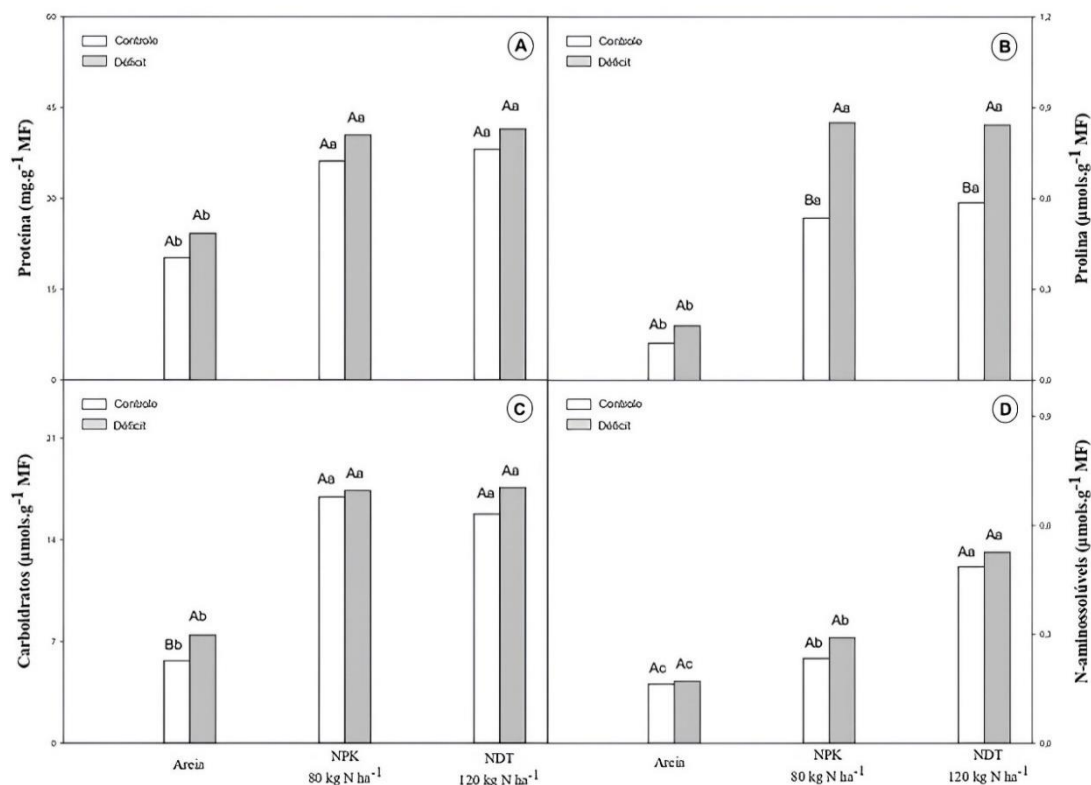
Fonte: Próprio autor, 2024.

Observou-se que para a MFPA não houve diferença estatística no tratamento NDT controle e o que estava com irrigação suspensa, o que pode indicar a ação desse material orgânico mitigando os efeitos do déficit hídrico. Ressalta-se ainda que, sob déficit hídrico, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos contendo NPK ou NDT, o que evidencia um fator positivo para o resíduo. No trabalho de Vieira *et al.* (2023) a suplementação de matéria orgânica atenuou os efeitos deletérios do estresse hídrico no cultivo de alface. Além disso, segundo Moscôso *et al.* (2019), o aproveitamento de insumos como biofertilizante orgânico sem aditivos químicos auxiliam na preservação do meio ambiente.

Alguns estudos indicam que a aplicação de biofertilizante orgânico favorece o acúmulo de matéria fresca em espécies vegetais. Monteiro *et al.* (2021), verificaram incrementos de matéria fresca da raiz de feijão de porco com biofertilizante à base de frutas. No trabalho de Saldanha e Ribeiro (2021), verificou-se maiores médias de MF em tratamentos com cama de frango (restos de ração de aves) no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.).

Os resultados encontrados para os teores de solutos orgânicos nas folhas, indicaram que em todas as variáveis analisadas em seus respectivos tratamentos, os maiores valores foram verificados em plantas submetidas ao déficit hídrico, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Teores de solutos orgânicos - Proteína (A), Prolina (B), Carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor, 2024.

Os teores de proteínas solúveis nas folhas mostraram-se mais elevado nas plantas que estavam sob déficit hídrico que cresceram em substrato contendo NDT e NPK, conforme a Figura 3A. Sob condições controle e de déficit hídrico, os teores de proteínas nas folhas foi estatisticamente igual para os tratamentos NDT a 120kg N ha⁻¹ e NPK a 80 kg N ha⁻¹.

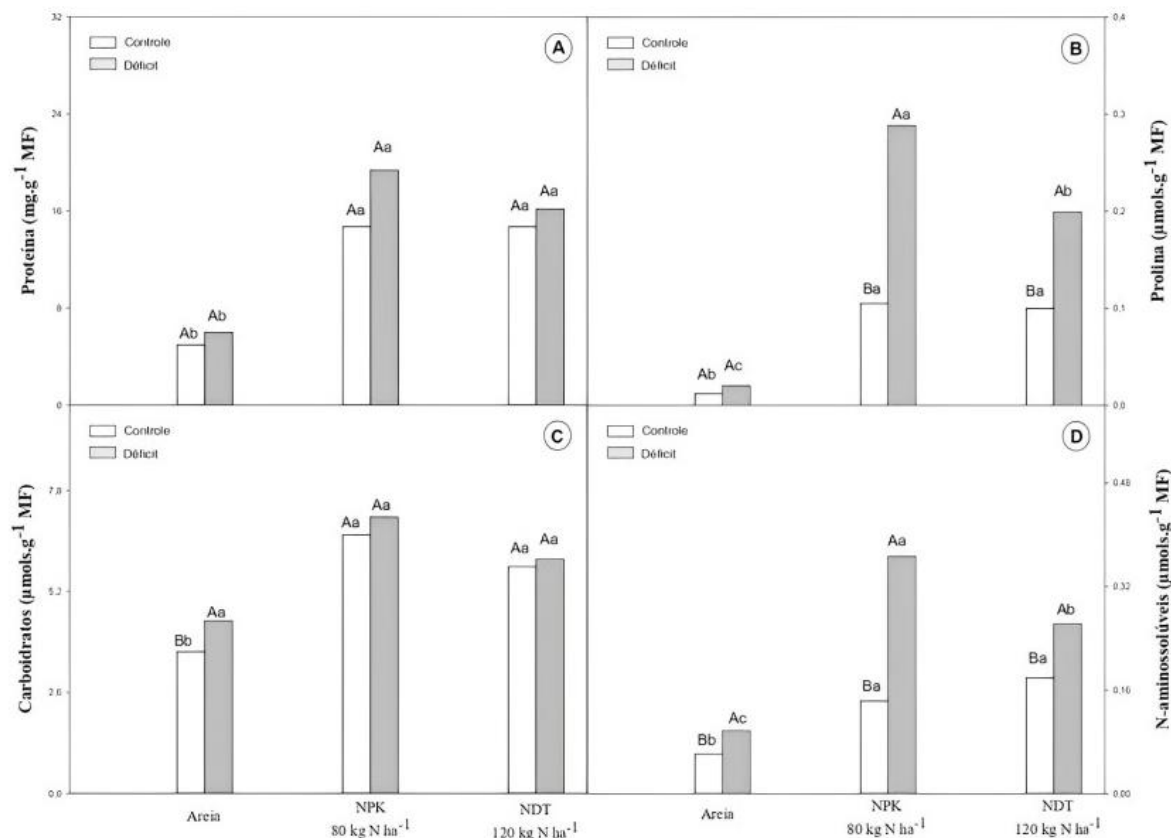
Os maiores teores de prolina nas folhas foram verificados em condições de déficit hídrico nos tratamentos contendo NDT e NPK, apresentando-se estatisticamente iguais (Figura 3B). Os incrementos de prolina no NDT sob déficit hídrico foi em média 30% superior ao seu respectivo grupo controle. Segundo De Lima *et al.* (2017), a prolina é um soluto que atua no equilíbrio osmótico mantendo o potencial hídrico da planta. Diante disso, constatou-se a atuação desse soluto em plantas cultivadas com NDT na atenuação dos efeitos deletérios da irrigação suspensa.

Sob condições controle, os teores de carboidratos nas folhas foram maiores nos tratamentos com NPK e NDT, não havendo diferença estatística entre eles. Sob déficit hídrico, a superioridade desses tratamentos se repetiu, sendo estatisticamente iguais (Figura 3C).

Tanto em condições controle como de déficit hídrico, os teores de N-aminossolúveis nas folhas foram maiores em plantas com substrato contendo NDT a 120 kg de N ha⁻¹. Sob condições controle, foi superior em 108 e 198% aos tratamentos com NPK e areia, respectivamente. Sob condições de déficit hídrico, os teores desse soluto foram superiores nas folhas em 81 e 208% no tratamento NDT a 120 kg de N ha⁻¹ comparado aos tratamentos NPK e areia, respectivamente (Figura 3D).

Os resultados encontrados para os teores de solutos orgânicos nas raízes, indicaram que em todas as variáveis analisadas e em seus respectivos tratamentos, os maiores valores verificados foram detectados em plantas submetidas ao déficit hídrico (Figura 4).

Figura 4 - Teores de solutos orgânicos - Proteína (A), Prolina (B), Carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação antes da avaliação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor, 2024.

Os teores de proteínas nas raízes mostraram-se mais elevados nas plantas que estavam sob déficit hídrico que cresceram em substrato contendo NDT e NPK, dos quais não se diferenciaram estatisticamente, conforme a Figura 4A. Sob condições controle, os valores foram estatisticamente iguais para os tratamentos NDT a 120kg N ha⁻¹ e NPK a 80 kg N ha⁻¹.

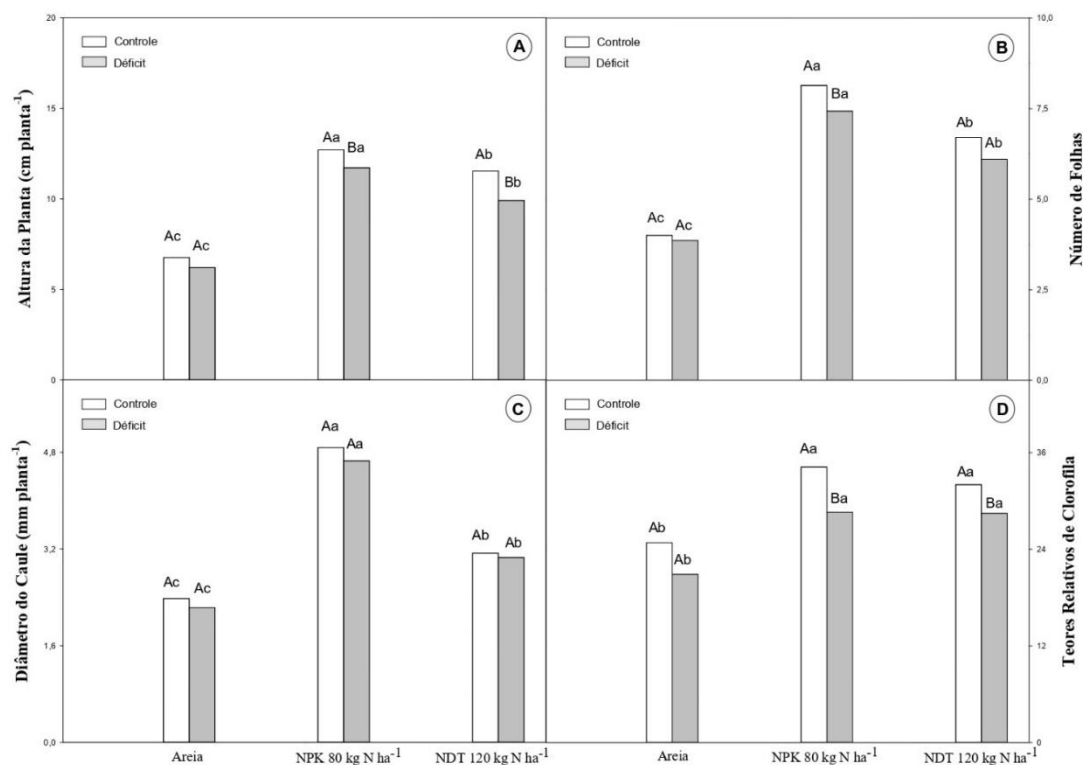
Os maiores teores de prolina nas raízes foram verificados em condições de déficit hídrico no tratamento contendo NPK, sendo superior em 45% ao tratamento NDT (Figura 4B). Os incrementos de prolina no NDT sob déficit hídrico foi em média 99% superior ao seu respectivo grupo controle. Assim como nas folhas, observou-se a atuação da prolina em raízes de girassol cultivadas com NDT. Esse aminoácido tem função osmoprotetora nas plantas que estão em estresse hídrico (De Moura *et al.*, 2016).

Sob condições controle, os teores de carboidratos solúveis nas raízes foram maiores nos tratamentos contendo NPK e NDT, não havendo diferença estatística entre eles. Sob déficit hídrico, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 4C).

Tanto em condições controle como de déficit hídrico, os teores de N-aminossolúveis nas raízes foram maiores em plantas com substrato contendo NDT a 120 kg de N ha⁻¹ e NPK a 80 kg de N ha⁻¹. Em condições controle não houve diferença estatística nos substratos com NDT e NPK. Sob condições de déficit hídrico, os valores desse soluto foram superiores nas raízes em 40 e 277% no tratamento com NPK a 80 kg de N ha⁻¹ em relação aos tratamentos NDT e areia, respectivamente (Figura 4D). Verificaram-se incrementos de 36% no tratamento NDT a 120 kg N. ha⁻¹ sob déficit hídrico quando comparado ao seu respectivo grupo controle.

Aos 28 DAS verificou-se que houve impacto do déficit hídrico para as plantas que estavam sob irrigação suspensa. Apresentou-se, visualmente, em relação às variáveis de crescimento, maior desenvolvimento e expansão para as plantas do grupo controle, principalmente para o NPK 80 kg N ha⁻¹ e NDT 120 kg N ha⁻¹ (Figura 5).

Figura 5 - Altura (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C) e teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

Para a altura das plantas, verificou-se maiores médias para o tratamento com NPK no grupo controle, sendo superior em apenas 10% ao tratamento NDT controle (Figura 5A). Sob déficit hídrico verificou-se de forma semelhante, sendo o tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹ superior aos demais.

Na variável número de folhas, o tratamento NPK 80 kg N. ha⁻¹ controle apresentou maiores incrementos quando comparado aos demais. Sob irrigação suspensa ocorreu o mesmo (Figura 5B). Destaca-se que com a utilização do NDT não houve diferença estatística entre o grupo controle e o que estava sob déficit hídrico.

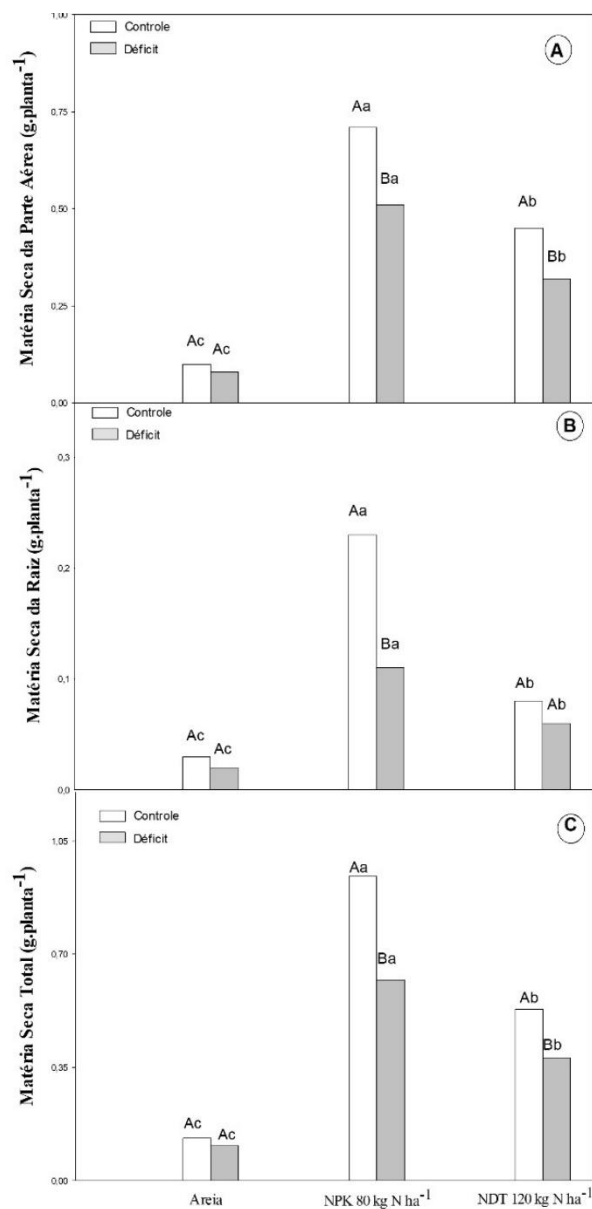
O diâmetro do caule apresentou maiores resultados para o tratamento com NPK sob condições de irrigação plena, sendo que não houve diferença estatística para o seu respectivo grupo controle (Figura 5C). O tratamento com NDT apresentou-se estatisticamente igual para o que estava em condições de controle e o com irrigação

suspensa. Isso pode-se dar pela boa qualidade da adubação orgânica. Conforme Moscôso *et al.* (2019), a utilização de esterco bovino na cultura do arroz vermelho sob estresse hídrico, impactou positivamente na umidade do solo, favorecendo a absorção de nutrientes.

Com relação aos teores relativos de clorofila, observou-se o efeito do déficit hídrico, ocorrendo reduções dessa variável nos tratamentos que estavam sob déficit hídrico (Figura 5D). Os tratamentos NPK e NDT apresentaram-se estatisticamente iguais sob condições controle, assim como, sob déficit hídrico. A redução foi de 12% no NDT que estava sob déficit hídrico quando comparado ao NDT controle. Essa redução foi superior no NPK, chegando a ser 20% inferior a produção dos teores relativos de clorofila sob irrigação suspensa, comparando-se ao seu respectivo grupo controle. Segundo Meher *et al.* (2018), o teor de clorofila em plantas pode ser impactado por estar em situação de estresse, ocorrendo limitação da capacidade fotossintética.

Ao verificar os resultados para a produção da MSPA, MSR e MST, constatou-se os efeitos da irrigação suspensa, ocasionando maiores médias para os tratamentos que estavam sob irrigação contínua (Figura 6).

Figura 6 - Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

Ao verificar os resultados para a MSPA, constatou-se maiores resultados nos tratamentos sob irrigação plena (Figura 6A). Sob déficit hídrico ocorreu o mesmo. A produção de MSPA para o tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹ foi 28% inferior sob déficit

hídrico quando comparado ao grupo controle. Para o NDT 120 kg N ha⁻¹ essa diferença foi menor, de 22%.

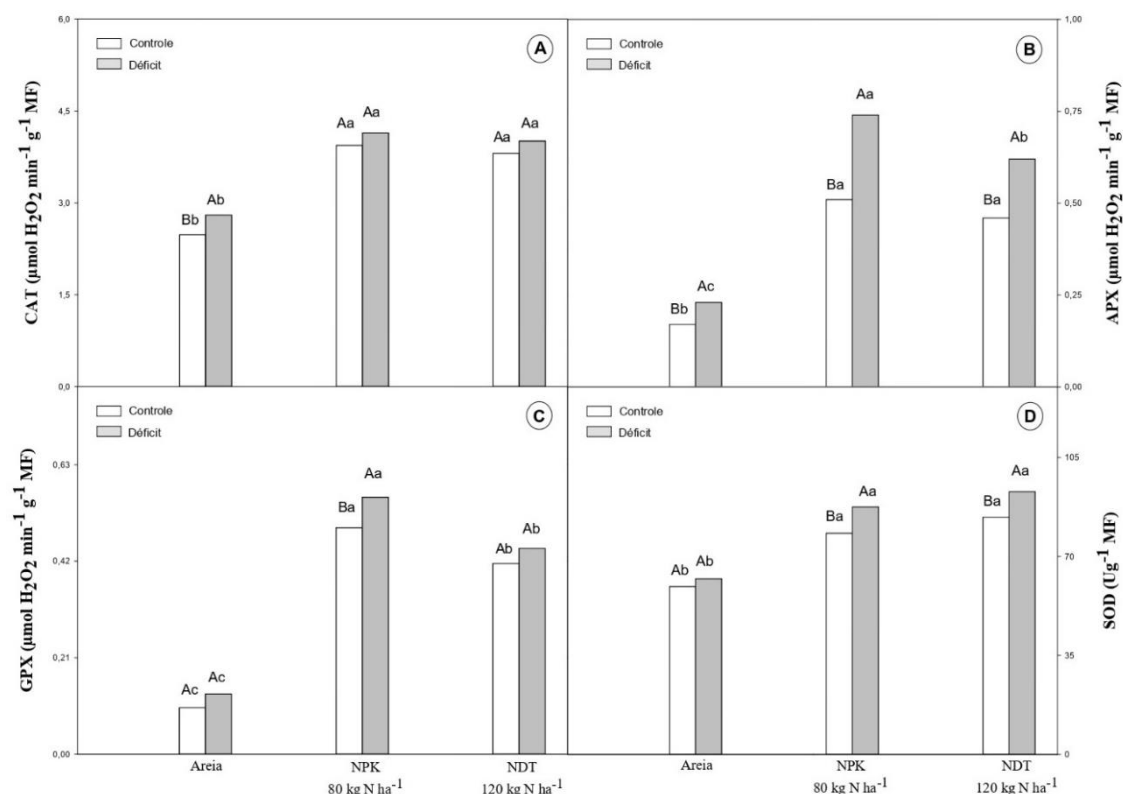
Para a MSR, a maior média está presente no tratamento com NPK controle, sendo superior aos demais. Esse tratamento sofreu impacto considerável na MSR sem irrigação, ocorrendo um decrescimento na sua produção em 52% comparado ao seu respectivo controle. No tratamento NDT 120 kg N ha⁻¹ não houve diferença estatística entre o controle e o déficit hídrico.

A produção de MST foi superior no tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹ controle quando comparado aos demais tratamentos. Sob déficit hídrico verificou-se maiores impactos da ausência de água para a MST no tratamento com NPK, ocorrendo limitação de 34% ao seu respectivo grupo controle. Com a utilização do NDT esse resultado foi menor, de 28%.

Diante dos resultados apresentados, verificou-se os impactos deletérios da ausência de água na produção de matéria seca de plantas de girassol. Ressalta-se, que esse impacto foi menor com o uso do NDT, o que pode indicar mais tolerância dessa planta ao utilizar esse adubo por mais dias de irrigação suspensa. Corroborando Lisboa *et al.* (2018), a finalidade do material orgânico é elevar a retenção de água e nutrientes para o vegetal, como é o caso do esterco bovino. Ao contrário do NPK em que se teve diferenças maiores durante o déficit hídrico, o que pode aumentar se houver mais dias de seca para o cultivo dessa planta.

Para as análises das enzimas antioxidativas verificou-se, de modo geral, maior atividade nas folhas das plantas que estavam sob déficit hídrico, conforme indica a Figura 7.

Figura 7 - Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

A atividade da enzima catalase nas folhas foi superior nos tratamentos NPK a 80 kg N ha⁻¹ e NDT a 120 kg N ha⁻¹, não ocorrendo diferença estatística entre o grupo controle e o grupo em déficit hídrico (Figura 7A). A CAT é uma enzima que transforma o H₂O₂ em água e oxigênio nos peroxissomos (Esteves, 2022). No trabalho de Miranda (2023), igualmente, não houve diferença estatística para a atividade da catalase entre o grupo controle e estresse hídrico de Híbrido de Timor cultivado com solo, areia e esterco bovino.

Para a atividade da APX, verificou-se maiores resultados em folhas de plantas de girassol que estavam sob irrigação suspensa, conforme a Figura 7B. A atividade dessa enzima foi superior em 45% no tratamento com NPK que estava em déficit hídrico quando comparado ao seu grupo controle. Para o NDT foi superior em 34% quando estava sob irrigação suspensa comparando-se ao grupo controle. Não houve diferença estatística

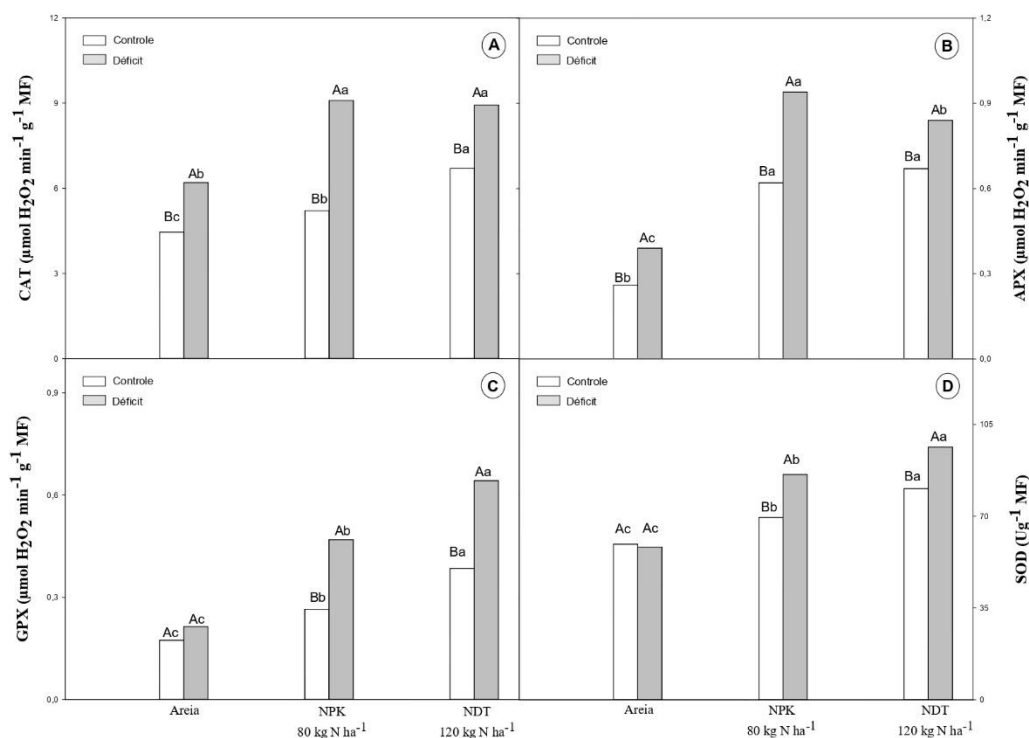
entre os grupos controle com NDT e NPK. Assim como a CAT, a APX reduz o H_2O_2 em água, atuando em outros compartimentos celulares, como os cloroplastos (De Paula, 2019).

A atividade da enzima GPX nas folhas foi superior nos tratamentos que continham NPK, tanto o grupo controle quando comparado aos demais irrigados, quanto o que estava sem irrigação comparando-se com os outros tratamentos em seca (Figura 7C).

Analisando-se a atividade da SOD em folhas de girassol, verificou-se maiores resultados nos tratamentos que estavam sob déficit hídrico, sendo os tratamentos com NPK e NDT estatisticamente iguais e superiores ao que continha apenas areia (Figura 7D). A enzima SOD apresentou atividade superior em 11% no tratamento com NDT com irrigação suspensa quando comparado ao seu respectivo grupo controle. Essa enzima é essencial para a atenuação dos efeitos deletérios de estresses abióticos, onde é responsável por realizar a dismutação do radical superóxido em H_2O_2 , convertendo, em seguida, em água (Barbosa, 2022).

Verificando-se a atividade das enzimas antioxidativas das raízes de plantas de girassol, constatou-se, de forma geral, maiores médias para os tratamentos que estavam com irrigação suspensa, conforme a Figura 8.

Figura 8. Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação (déficit hídrico). As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e déficit hídrico), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

A atividade da enzima catalase nas raízes de plantas de girassol apresentou maiores resultados nos tratamentos com NPK e NDT que estavam sob irrigação suspensa, sendo estatisticamente iguais (Figura 8A). A utilização de adubação orgânica com NDT elevou a atividade da CAT nas raízes em 33% sob déficit hídrico quando comparado ao grupo controle.

A enzima APX apresentou maior atividade nas raízes de girassol sob déficit hídrico em todos os tratamentos, sendo superior no tratamento NPK a 80 kg N ha⁻¹ (Figura 8B). O aumento da atividade enzimática da APX foi de 25% no tratamento NDT a 120 kg N ha⁻¹ com irrigação suspensa quando comparado ao seu grupo controle. Conforme Silva *et al.* (2021), os incrementos da atividade da APX indicam que pode ter ocorrido uma atenuação dos efeitos da atuação dos radicais livres sobre as plantas.

Ao analisar a atividade da GPX nas raízes, verificou-se maiores resultados no tratamento NDT a 120 kg N ha⁻¹ sob déficit hídrico (Figura 8C). A GPX apresentou média

superior em 66% no tratamento com NDT sob irrigação suspensa quando comparado ao seu respectivo grupo controle. Além disso, O NDT sob déficit hídrico foi 37% maior quando comparado ao tratamento com NPK em irrigação suspensa, indicando uma atuação superior desse biofertilizante orgânico quando comparado a um fertilizante amplamente utilizado na agricultura.

Assim como na atividade da GPX em raízes de girassol, a enzima SOD apresentou maiores resultados no tratamento NDT a 120 kg N ha⁻¹ sob déficit hídrico, sendo superior ao demais (Figura 8D). Além disso, quando comparado ao seu respectivo controle, verificou-se incrementos de 20% nesse tratamento com irrigação suspensa.

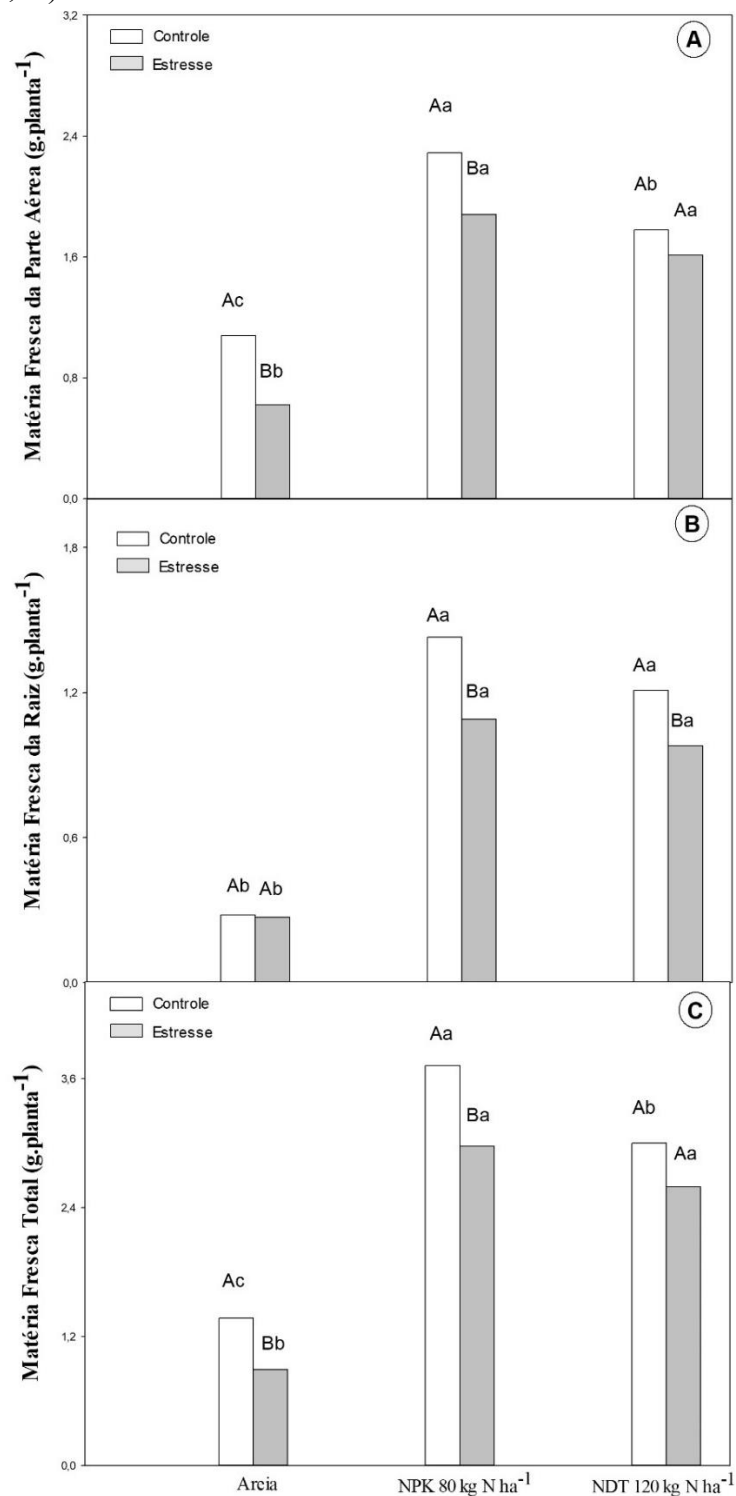
Diante dos resultados apresentados para a atividade das enzimas antioxidativas analisadas no presente trabalho, constatou-se um efeito positivo da adubação orgânica utilizando NDT, proporcionando atividades enzimáticas semelhantes aos tratamentos contendo NPK, podendo, portanto, contribuir na atenuação dos efeitos deletérios do déficit hídrico em plantas de girassol.

Além disso, verificou-se os maiores valores de crescimento observados no tratamento NDT em relação à areia, além de valores próximos aos do tratamento NPK.

6.3 Experimento 3

De modo geral, verificou-se que a irrigação salina a 80 mM provocou reduções na produção de Matéria Fresca de plantas de girassol, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Matéria fresca da parte aérea (A), das raízes (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação com solução salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

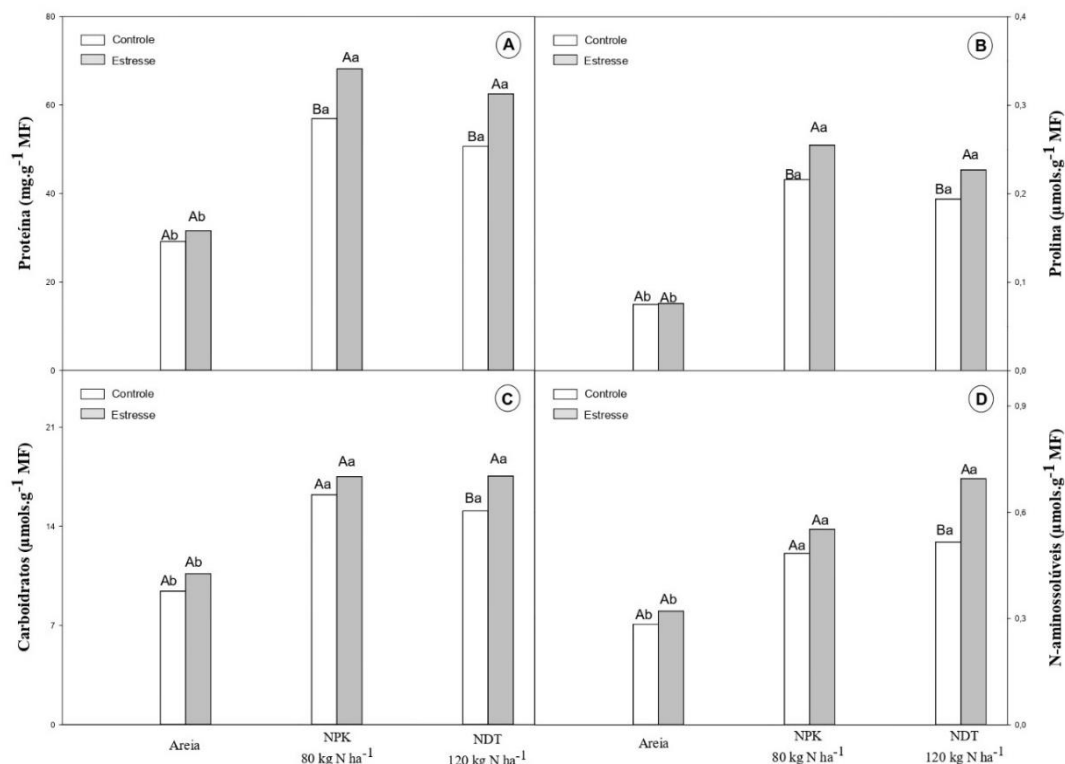
Na variável MFPA observou-se que os maiores incrementos ocorreram no tratamento NPK controle, sendo superior ao NDT e areia (Figura 9A). Sob irrigação salina, não houve diferença estatística entre os tratamentos NPK e NDT. Além disso, o tratamento NDT controle e o estresse, apresentaram-se estatisticamente iguais. No trabalho de Amorim (2016), o autor constatou que o estresse salino não impactou na produção de MFPA de abobrinha cultivada com diversos fertilizantes orgânicos, dentre eles o esterco bovino.

Para a MFR verificou-se maiores médias nos tratamentos que estavam sob controle com NPK e NDT, não havendo diferença estatística entre eles (Figura 9B). O mesmo ocorreu sob solução salina. Porém, o impacto foi menor em NDT, pois a produção de MFR sob condição salina foi inferior em 19% ao tratamento controle. Para o NPK essa inferioridade foi de 24%, portanto, o impacto da salinidade foi maior no NPK do que no NDT. No trabalho de Alves *et al* (2017), os autores utilizaram como biofertilizante orgânico o húmus de minhoca no cultivo de manjerição sob salinidade, verificando menor produção de MFR em condição salina, o que indica que o sistema radicular por vezes pode ser mais sensível à salinidade do que a sua parte aérea.

Com relação à MFT, sob condição controle, a maior média foi no tratamento NPK. Para o estresse salino não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos NPK e NDT, sendo superiores ao tratamento areia (Figura 9C). O tratamento NDT a 120 kg N. ha⁻¹ que estava sob irrigação salina e o que estava em condições controle foram estatisticamente iguais.

Para as análises de teores de solutos orgânicos nas folhas, de forma geral, verificou-se maiores valores nos tratamentos que foram submetidos à salinidade, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Teores de solutos orgânicos - Proteínas (A), prolina (B), carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

Para os teores de proteínas em folhas, verificou-se maiores médias para os tratamentos NPK e NDT que estavam sob condições salinas, não ocorrendo diferenciação estatística entre eles (Figura 10A). O mesmo ocorreu no grupo controle, sendo estatisticamente iguais os tratamentos com NPK e NDT. Quando comparado grupo controle e o que estava sob salinidade para o NDT, observou-se incrementos de 23% de proteínas em folhas no tratamento sob estresse. Quando realizada a mesma comparação para o tratamento com o NPK, verificou-se 19% de superioridade.

Para os teores de prolina em folhas, as maiores médias estiveram nos tratamentos que estavam sob irrigação salina, sendo superiores os tratamentos NPK e NDT, não diferenciando-se estatisticamente (Figura 10B). Houve incrementos de 17% sob estresse salino no tratamento NDT, quando comparado ao seu grupo controle. Da Silva Júnior *et al.* (2018), verificaram maiores incrementos nos teores de prolina em folhas de mamoeiro

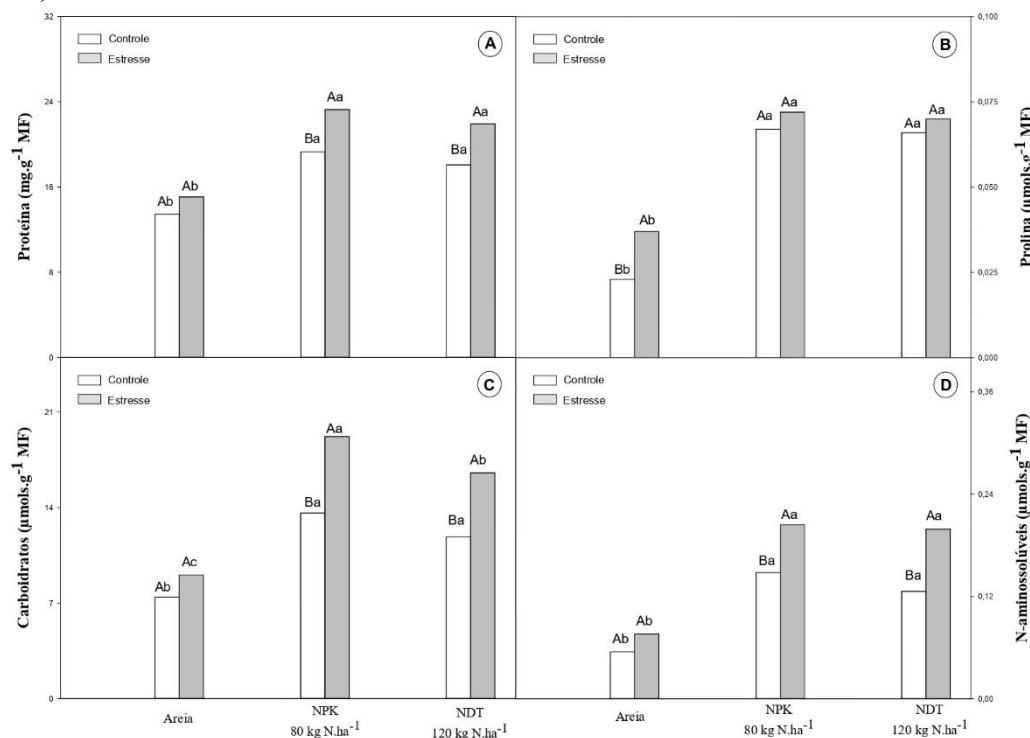
cultivado com esterco irrigadas com solução salina. Conforme Souza *et al.* (2021), o acúmulo de prolina indica tolerância da planta ao estresse salino.

O teor de carboidratos em folhas foi maior nos tratamentos NPK e NDT que estavam sob déficit salino, não havendo diferença estatística entre eles. No tratamento NPK controle foi estatisticamente igual ao respectivo tratamento sob estresse. Para o NDT, houve acréscimos de 16% de carboidratos no tratamento irrigado com solução salina quando comparado ao tratamento controle. A produção de carboidratos pode estar relacionada com a boa qualidade nutricional do fertilizante orgânico (De Souza, 2015).

Os N-aminossolúveis apresentaram maiores resultados em NDT e NPK sob estresse salino, sendo estatisticamente iguais. Quando comparado ao grupo controle, constatou-se acréscimos de 34% nos teores de carboidratos nas folhas de girassol no tratamento NDT a 120 kg N ha⁻¹ com irrigação salina.

Na análise de teores de solutos orgânicos observou-se, de forma geral, maiores resultados em tratamentos sob estresse salino, conforme está indicado na Figura 11.

Figura 11 - Teores de solutos orgânicos - Proteínas (A), prolina (B), carboidratos (C) e N-aminossolúveis (D) aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

Os teores de proteínas solúveis nas raízes apresentaram-se maiores nos tratamentos que estavam sob estresse salino, sendo superiores nos tratamentos NPK a 80 kg N ha⁻¹ e NDT 120 kg N ha⁻¹, não havendo diferenciação estatística entre eles (Figura 11A). Verificou-se acréscimos de 21% nos teores de proteínas sob estresse no tratamento com NDT quando comparado ao seu respectivo grupo controle. Esse acréscimo pode-se dar pelo material orgânico empregado como substrato.

As médias de prolina nas raízes foram superiores nos tratamentos NPK a 80 kg N ha⁻¹ e NDT a 120 kg N ha⁻¹, não havendo diferença estatística entre eles, tanto em grupo controle, como sob estresse (Figura 11B).

Para os carboidratos solúveis nas raízes, as maiores médias estiveram no tratamento NPK a 80 kg N ha⁻¹ (Figura 11C). Destacam-se os incrementos de carboidratos no tratamento NDT a 120 kg N ha⁻¹ com irrigação salina, sendo superior em 39% ao seu respectivo grupo controle. O que pode evidenciar mais um indicativo das potencialidades

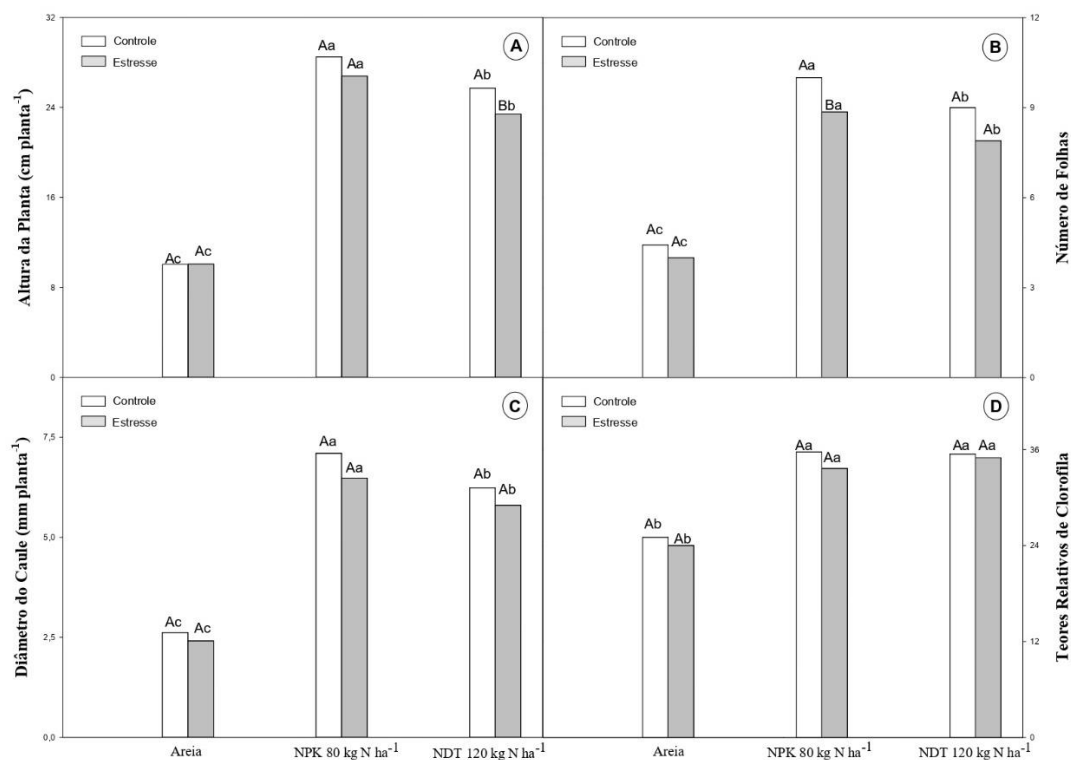
do NDT como biofertilizante orgânico. No trabalho de De Souza (2015), obteve-se maiores teores de carboidratos nas plantas de sorgo irrigadas com solução salina que foram cultivadas com esterco bovino.

Para N-aminossolúveis verificaram-se maiores médias nos tratamentos com NPK e NDT sob estresse salino, sendo estatisticamente iguais. A média do NDT a 120 kg N ha⁻¹ sob estresse salino foi superior em 48% ao seu respectivo grupo controle.

Diante desse contexto, os resultados apresentados no presente trabalho indicaram a relevância da aplicação do NDT como biofertilizante orgânico no cultivo de plantas de girassol em condições de irrigação salina, visto que demonstrou resultados semelhantes ao uso de NPK como fertilizante. Dessa forma, demonstra-se a possibilidade do uso de NDT como fertilizante em culturas como o girassol.

Aos 28 DAS verificou-se que houve impacto parcial do estresse salino para as plantas que estavam sob essa condição. Em relação às variáveis de crescimento, houve maior desenvolvimento e expansão para as plantas do grupo em plena irrigação, sobretudo para o tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹ e NDT 120 kg N ha⁻¹ (Figura 12).

Figura 12 - Altura (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C) e teores relativos de clorofila (D) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

Para a variável altura das plantas, verificou-se maiores médias para os tratamentos com NPK, tanto sob estresse salino quanto controle, sendo estatisticamente iguais. O tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹ apresentou superioridade de somente 11% ao tratamento NDT controle (Figura 12A). A aplicação do NDT sob estresse salino apresentou média superior em 132% ao tratamento areia sob irrigação salina. Resultado semelhante foi observado por De Araujo *et al.* (2023), onde se verificou incrementos na altura das plantas de cebola sob estresse salino quando comparado ao tratamento apenas com solo sem esse fertilizante orgânico. Evidencia-se dessa forma a utilização do NDT como fator para o desenvolvimento de plantas de girassol, ainda que esteja sob irrigação de sais.

O quantitativo do número de folhas de girassol foi maior para o tratamento NPK 80 kg N. ha⁻¹ controle, onde apresentou maiores incrementos quando comparado aos demais (Figura 12B). Sob estresse salino verificou-se uma redução de 12% a essa variável

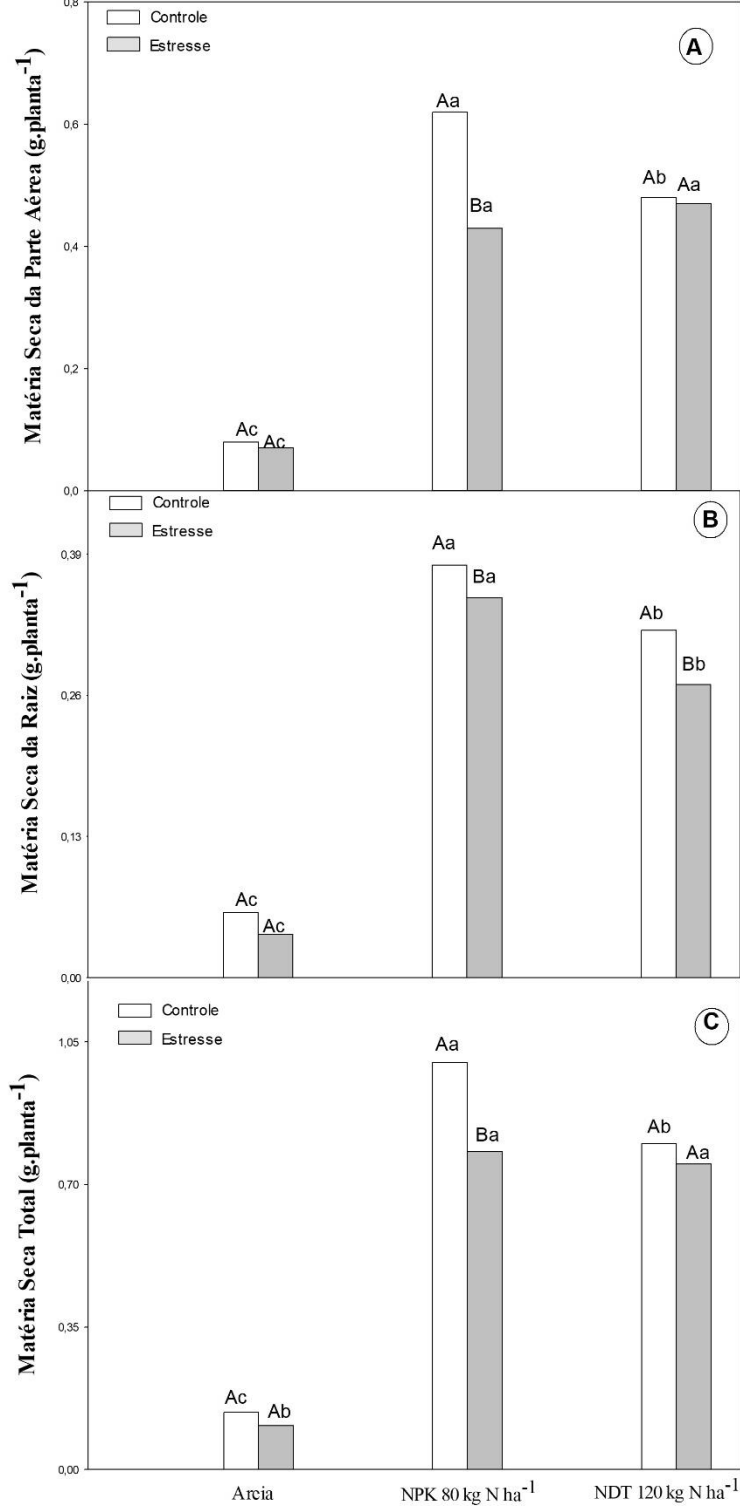
no tratamento com NPK quando comparado ao seu controle. Essa redução sugere que a planta parou de produzir folhas em resposta a toxicidade produzida pelos sais (Lopes *et al.*, 2019). Não houve diferença estatística entre o tratamento NDT com irrigação salina e o respectivo controle.

O diâmetro do caule apresentou maiores resultados para o tratamento com NPK sob condições de irrigação contínua, porém não ocorreu diferença estatística para o seu respectivo grupo controle (Figura 12C). O mesmo ocorreu para os tratamentos que estavam com NDT. Isso pode-se dar pela boa qualidade da adubação orgânica.

Os teores relativos de clorofila apresentaram maiores resultados para os tratamentos com NDT e NPK, tanto em irrigação contínua quanto irrigação salina, sendo todos estatisticamente iguais (Figura 12D). A aplicação do NDT manteve as taxas de clorofila semelhantes, tanto em estresse quanto em controle. No trabalho de Moreira, De Assis Júnior e Aragão (2020) verificou-se os benefícios da utilização de esterco de porco para o cultivo de milho sob estresse salino na manutenção da capacidade fotossintética.

Ao verificar os resultados para a produção da MSPA, MSR e MST, constatou-se os efeitos da irrigação salina para o tratamento que continha NPK. Para os tratamentos com NDT verificou-se os efeitos da aplicação de água com sais de forma parcial (Figura 13).

Figura 13 - Matéria seca da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plantas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação com solução salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

Ao verificar os resultados para a MSPA, constatou-se maiores efeitos da irrigação salina no tratamento com NPK (Figura 13A). A irrigação salina ocasionou em uma limitação de crescimento de 31% no tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹ quando comparado ao seu grupo controle. Conforme Lima *et al.* (2022), a limitação da MSPA demonstra o impacto dos sais na produção agrônômica das plantas. Constatou-se que não houve diferença estatística nos tratamentos com NDT, tanto no controle quanto no estresse.

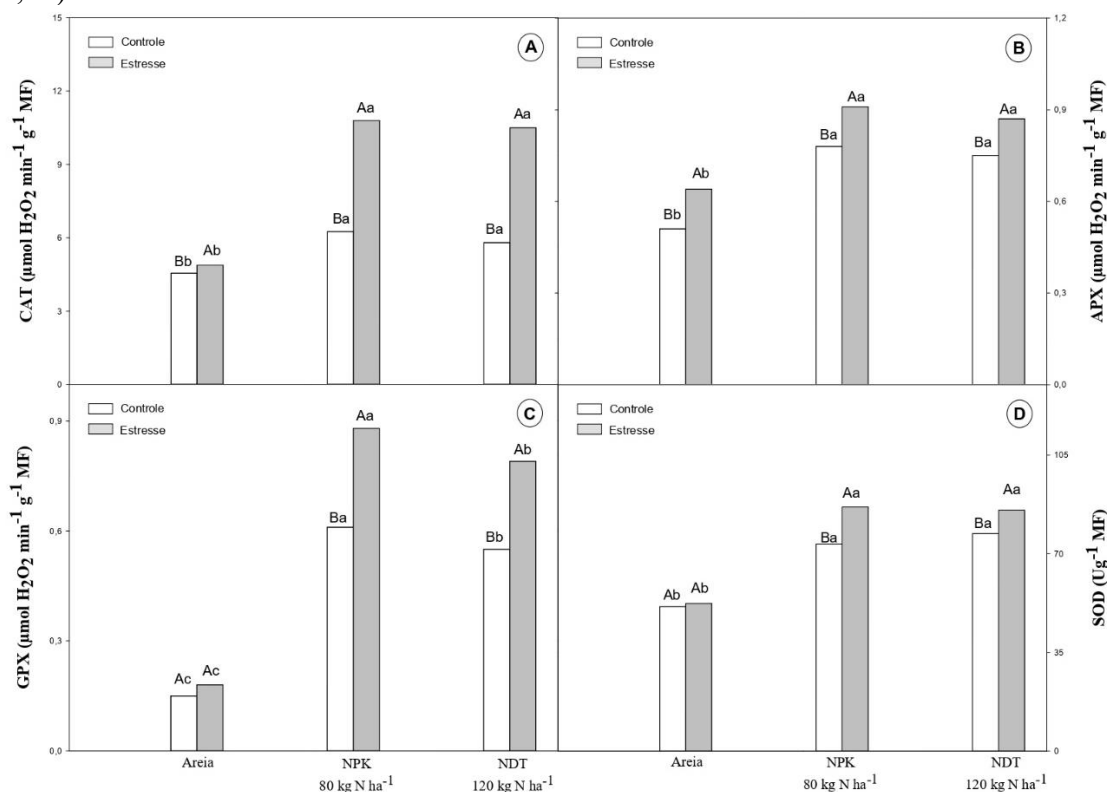
Para a MSR, a maior média está presente no tratamento com NPK controle, sendo superior aos demais tratamentos.

A produção de MST foi superior no tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹ controle quando comparado aos demais tratamentos. Porém, ressalta-se o impacto da irrigação salina para a MST em plantas de girassol sob essas condições utilizando o NPK. A aplicação da solução com sais limitou em 22% no tratamento NPK 80 kg N ha⁻¹. Não houve diferença estatística entre os tratamentos que utilizaram NDT, tanto com solução salina quanto ao grupo controle. Tal resultado indica que o baixo impacto da aplicação de irrigação com sais utilizando NDT. Segundo Canjaá *et al.* (2020), o acúmulo de MST é um dos principais parâmetros que indicam se houve maior efeito deletério dos sais nas plantas.

Diante dos resultados apresentados para a matéria seca de plantas de girassol, verificou-se que houve maior impacto da irrigação salina no tratamento com NPK, ocorrendo uma limitação na produção. Esse impacto foi parcial com o uso do NDT, onde verificou-se redução de matéria seca apenas nas raízes.

Para as análises das enzimas antioxidativas verificou-se, de modo geral, maior atividade nas folhas das plantas que estavam sob irrigação salina, conforme indica a Figura 14.

Figura 14 - Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em folhas de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de irrigação com solução salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

De modo geral, verificou-se maior atividade da enzima catalase nas folhas foi superior nos tratamentos que estavam sob irrigação salina quando comparado aos seus respectivos grupos controles (Figura 14A). Dentre os tratamentos elaborados, verificou-se atividade superior nos tratamentos com solução com sais nos tratamentos NPK 80 kg N ha⁻¹ e NDT 120 kg N ha⁻¹, apresentando-se estatisticamente iguais. Conforme De Sousa *et al.* (2023), a aplicação de biofertilizante orgânico é capaz de potencializar a atividade da catalase nas folhas dos vegetais.

Para a atividade da APX, verificou-se maiores resultados em folhas de plantas de girassol que estavam sob irrigação salina (Figura 14B). As maiores médias estão nos tratamentos NPK e NDT com solução salina, apresentando-se estatisticamente iguais. De igual modo, não houve diferença estatística para o grupo controle dos respectivos

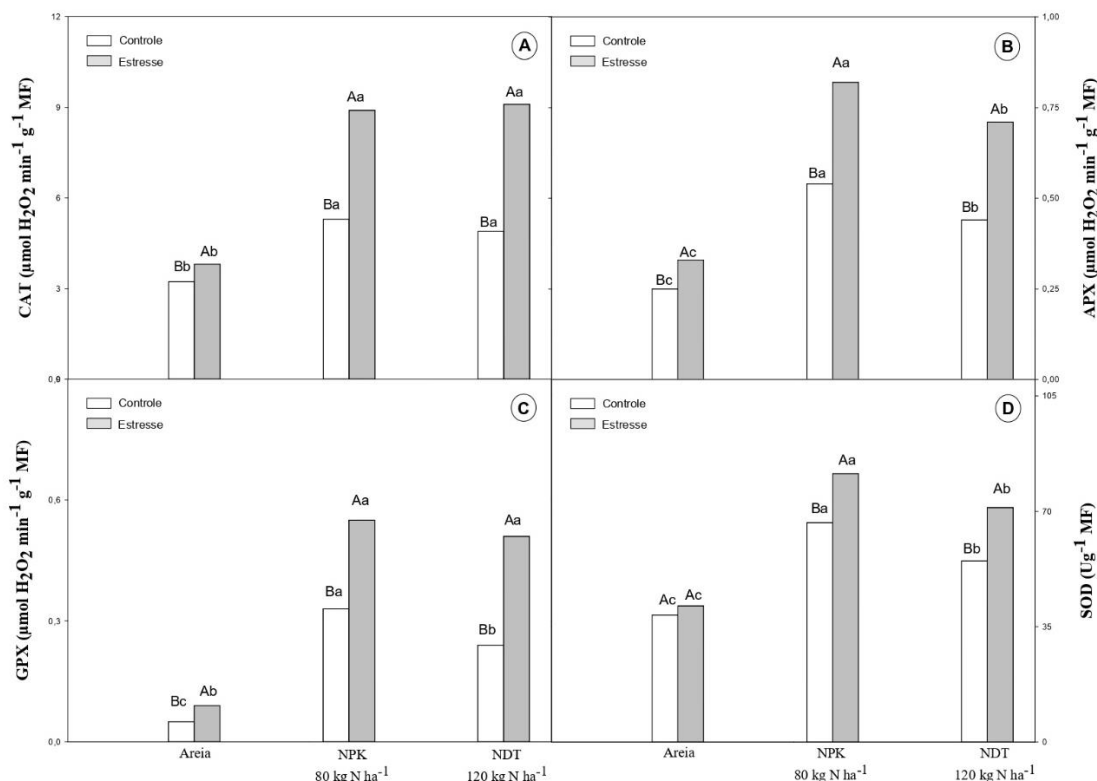
tratamentos. Quando submetidas ao estresse salino, as plantas ativam o sistema de defesa antioxidativo elevando a atividade da enzima APX como forma de proteção ao dano oxidativo (Santos *et al.*, 2019).

A atividade da enzima GPX nas folhas foi superior nos tratamentos que continham NPK, tanto o grupo controle quando comparado aos demais irrigados, quanto o que estava sob irrigação salina comparando-se com os outros tratamentos em solução com sais (Figura 14C).

A atividade da enzima SOD foi superior nos tratamentos NPK 80 kg N ha⁻¹ e NDT 120 kg N ha⁻¹, ambos sob irrigação salina e não ocorrendo em diferenciação estatística (Figura 14D). O acréscimo de atividade da SOD demonstra o desempenho positivo do mecanismo de defesa primário sob estresse salino (Alves, 2019). Assim como os tratamentos sob estresse, os tratamentos controles não apresentaram diferença estatística entre os que continham NPK e NDT.

Ao verificar a atividade das enzimas antioxidativas das raízes de plantas de girassol, observou-se maiores resultados nos tratamentos irrigados com solução salina, conforme a Figura 15.

Figura 15 - Atividade das enzimas catalase - CAT (A), peroxidase do ascorbato - APX (B), peroxidase do guaiacol - GPX (C) e superóxido dismutase - SOD (D) em raízes de girassol aos 28 dias após a semeadura. Colunas cinzas indicam 8 dias de suspensão de irrigação salina. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (controle e estresse salino), enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2024).

Verificou-se maiores resultados para a atividade da CAT nas raízes de plantas de girassol nos tratamentos com NPK e NDT que estavam sob irrigação salina, sendo estatisticamente iguais (Figura 15A). A utilização do NDT elevou a atividade da CAT nas raízes em 86% sob estresse salino quando comparado ao seu respectivo grupo controle.

A APX apresentou maiores médias nas raízes de girassol sob estresse salino no tratamento NPK a 80 kg N ha⁻¹ (Figura 15B). A atividade dessa enzima sob o NDT em condição salina foi superior ao tratamento areia na mesma condição em 115%.

A atividade da enzima GPX foi superior nos tratamentos com NPK e NDT, ambos em condição de irrigação salina e sendo estatisticamente iguais (Figura 15C). Porém, ressalta-se que o tratamento NDT 120 kg N ha⁻¹ apresentou incrementos na atividade dessa enzima de 113% quando comparado ao seu controle.

Para a atividade da enzima SOD verificou-se maiores resultados no tratamento NPK a 80 kg N ha⁻¹ sob irrigação salina, sendo superior ao demais (Figura 15D). Porém, quando comparado ao NDT em condição salina, verificou-se superioridade de apenas 13%.

Diante dos resultados das análises das atividades das enzimas antioxidativas para as folhas e raízes de girassol, evidencia-se o uso benéfico de NDT na atenuação dos efeitos deletérios do estresse salino. Além disso, verifica-se resultados semelhantes ao NPK, que é um potente fertilizante comercial bastante aplicado na agricultura.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados apresentados, constatou-se a viabilidade da destinação final ambientalmente adequada para as nadadeiras de tilápia como biofertilizante orgânico para nutrição e crescimento do girassol. A concentração de NDT que apresentou melhores resultados foi de 120 kg de nitrogênio por hectare. Além disso, a utilização do NDT proporcionou a atenuação, parcialmente, dos efeitos deletérios no cultivo de plantas de girassol sob irrigação salina e déficit hídrico.

Verificou-se que o NDT é um resíduo de fácil aplicação, de manejo simples e com capacidade de auxiliar diretamente nos estudos do desenvolvimento sustentável e atributos de benefício social ao agricultor.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 7 p.

ABREMA - Associação Brasileira de Empresas de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. São Paulo, 54p. 2023.

ABREU, K. K. **O impacto do conhecimento da química como parte de soluções para o aquecimento global**. 2022. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Centro Universitário Internacional Uninter.

ADERALDO, F. Í. C.; LIMA, T. D. A.; DE SOUSA FILHO, E. D. N.; DE CARVALHO, G. T.; ABREU, V. D. S.; PRADO, L. P. P.; MARINHO, S. D. O. P.; GONDIM, F. A. Escama de tilápia aumenta as variáveis de crescimento, teores relativos de clorofila e produção de matéria seca de plantas de girassol. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 21, n. 12, p. 27457-27475, 2023.

ALBUQUERQUE, M. C. D. F.; CARVALHO, N. M. Effects of the environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* L. Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, p. 465-479, 2003.

ALCÂNTARA, J. R. **Compostagem como solução para resíduos orgânicos: uma alternativa estratégica para os resíduos do aterro sanitário em Teresina/PI**. 2023. 184 p. Dissertação (Mestrado em Profissional em Análise e Planejamento Espacial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2023.

ALMEIDA, L. T. **Avaliação do estresse oxidativo e defesas antioxidantes em células HepG2 infectadas pelo Caraparu vírus (*Bunyaviridae*)**. 2016. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

ALVES, L. S.; PAZ, V. P. D. S.; GHEYI, H. R.; DA SILVA, A. J. P.; OLIVEIRA, F. E. R.; BARBOSA, M. A. G. Crescimento, produção e eficiência do uso da água do manjeriço sob estresse salino. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 3., Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: Inovagri, 2017, p. 1-10.

ALVES, R. D. C. **Ácido ascórbico como regulador da resposta antioxidante em tomateiro sob estresse salino**. 2019. 66 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

AMARAL, A. M.; BASTOS, A. V. S.; DOS SANTOS, M. A. C. M.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L. Respostas fisiológicas do girassol em fase reprodutiva ao estresse hídrico e salino. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 12, p. 1-11. 2021.

AMORIM, Y. F. Produção de mudas de abobrinha híbrida em diferentes substratos e níveis de estresse salino. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 13, n. 1, p.27-32, 2016.

ARAÚJO, A. D. S.; DA SILVA, D. J.; SILVA, A. V. D. S.; MAGALHÃES, I. C. S.; DE BARROS, R. P. Análise da fenologia do Girassol *Helianthus annuus* L. variedade anão. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 3, n. 2, p. 184-190, ago. 2018.

BACELAR, R. G. A.; MURATORI, M. C. S. Utilização de resíduos de filetagem de tilápia na tecnologia de alimentos: uma revisão. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 22, n. 2, p. 263-278, 2020.

BARBOSA, D. D. **Piruvato e superóxido desmutase como atenuadores do estresse hídrico no crescimento inicial do amendoim**. 2022. 74 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2022.

BARBOSA, M. R.; DE SOUZA, L. M.; NASCIMENTO, K. R. P. Ros e o estresse oxidativo por seca em plantas. **Multidisciplinary Sciences Reports**, Rio Branco, v. 3, n. 3, p. 1-17, 2023.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Determinação rápida de prolina livre para estudos de estresse hídrico. **Planta e solo**, [S.l.], v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, [S.l.] v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BERTOLO, A. J.; KOPPLIN, B. W.; BERTOLO, J. P.; DA SILVA, L.; CASSOL, F. Combustíveis fósseis: panorama de produção e consumo no Brasil. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, Francisco Beltrão, v. 8, n. 1, p. 102-103, 2022.

BEZERRA, B. P. D. S. **Impactos dos eventos de El Niño e La Niña fortes no regime de precipitação no nordeste brasileiro: uma revisão**. 2023. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. D. A. Adaptação das Plantas ao Déficit Hídrico. **Acta Igazu**, Cascavel, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016.

BORJAS-VENTURA, R.; ALVES, L. R.; DE OLIVEIRA, R.; MARTÍNEZ, C. A.; GRATÃO, P. L. Impacts of warming and water deficit on antioxidant responses in *Panicum maximum* Jacq. **Physiologia plantarum**, v. 165, n. 2, p. 413-426, 2019.

BRADFORD, M. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. **Bioquímica analítica**, [S.l.] v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 25 fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009**. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2009]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/111959.htm. Acesso em: 25 jun. 2024.

BRIEGA, D.; DE SOUSA, R. F.; SOUSA, R. T. M.; GOBETTI, S. T. D. C.; PENA, A. D. F. Métodos de utilização do girassol. **Ciência Veterinária UniFil**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 103-110, 2018.

CAMPOS, A. J. D. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society And Development**, [S.l.], v. 10, n. 15, p. 1-7, 2021.

CANJAÁ, J. F.; PINHO, L. L.; SALLES, J. R. D. S.; DE OLIVEIRA, A. D. C.; DE SOUSA, G. G.; DE LACERDA, C. F. Acúmulo de matéria seca em genótipos de amendoim sob estresse salino e cobertura do solo. *In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM*. 29., 2020, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Inovagri, 2020. Disponível em: https://icolibri.com.br/2020/public/___anais/TC0770099.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. *In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 163-218.

CAVALCANTE, L. F.; DOS SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; NUNES, J. C.; DE LIMA, G. S. Recuperação de solos afetados por sais. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S.; DE LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (org.). Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2016. cap. 28, p. 461-477.

CORIOLOANO, A. C. F.; MELO, P. M. G.; LIMA, A. J. C.; ARAUJO, A. S. Preparação de biodiesel de girassol e suas propriedades físico-químicas, uma alternativa ambiental aos combustíveis fósseis. **Educação Ambiental em Ação**, [S.l.], v. 13, n. 50, 2014.

COSTA, L. C. D. B.; PINTO, J. E. B. P.; DE CASTRO, E. M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CORRÊA, R. M.; REIS, E. S.; ALVES, P. B.; NICULAU, E. D. S. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2173-2180, 2008.

COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R.; MENEZES, R. V. Effect of salt stress on growth and contents of organic and inorganic compounds in noni (*Morinda citrifolia* L.). **African Journal of Biotechnology**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 2401-2410, 2016.

CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P. D. S. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 25, n. 1, p. 221-238, 2023.

DA SILVA, E. L. **Processos geoquímicos que controlam a salinização dos Reservatórios Carira e Coité, Bacia do Rio Vaza-Barris, estado de Sergipe**. 2020. 96 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Sergipe, São Cristovão. 2020.

DA SILVA FILHO, J. A. **Efeitos do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) na morfologia e bioquímica de plantas de *Lippia grata* schauer submetidas a restrições hídricas**. 2022. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

DA SILVA, J. B.; OLIVEIRA, J. S. B.; FERREIRA, C. J. B.; SOLINO, A. J. D. S.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Biofertilizante de esterco bovino na indução de mecanismos de defesa à meloidogyne incognita na cultura da soja. **Acta Ambiental Catarinense**, Chapecó, v. 18, n. 1, p. 181-195, 2021.

DA SILVA JÚNIOR, E. G.; DA SILVA, A. F.; LIM, J. D. S.; MAIA, J. M.; SOUZA, D. D. S.; DINIZ, J. P. C. Metabolismo bioquímico de plântulas de mamoeiros sob estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.13, n. 5, p.595-599, 2018.

DE ALMEIDA, J. F. **Ocorrência e impacto de polinizadores em girassol (*Helianthus annuus* L.) na área urbana**. 2022. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim.

DE ARAUJO, I. S. J.; DE SOUZA, M. C. M. R.; SILVA, D. M.; LIMA, J. S.; COSTA, F. W. D. N.; DA SILVA, B. E. Efeito do estresse salino na cultura da cebola em substratos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. 32., 2023, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Inovagri. Disponível em: https://icolibri.com.br/2023/public/___anais/TC1910215.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

DE ARAÚJO, R. S.; DE SOUSA, F. L. N.; VANDERLEY, P. S.; BENTES, S. O. D. S.; GOMES, L. M.; FERREIRA, F. C. L. Fontes de energias renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 11, p. 1-14, 2022.

DE BRITO, P. O. B.; FERREIRA, G. D. S.; DE SOUZA, J. N.; ADERALDO, F. I. C.; SENA, L. M.; GONDIM, F. A. Plântulas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com algas marinhas. **Revista Verde**, Pombal, v. 17, n. 1, p. 60-65, 2022.

DE FREITAS, S. G. D.; FLORINDO, D. N. F.; RODRIGUEIRO, M. M. D. S.; MOLLO NETO, M.; OLIVEIRA, K. S. M.; DOS SANTOS, P. S. B. Produção de biodiesel a partir do óleo de soja, milho, girassol e canola por transesterificação: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 5, p. 1-18, 2022.

DE LIMA, B. R.; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 7, n. 16, p. 679-689, 2020.

DE LIMA, G. S.; DOS SANTOS, J. B.; SOARES, L. A. D. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F.; Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão ‘All Big’. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, n. 7, p. 513-522, 2017.

DE MEDEIROS, E. F.; AFONSO, M. D. S.; DOS SANTOS, M. A. Z.; BENTO, F. M.; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R. Physicochemical characterization of oil extraction from fishing waste for biofuel production. **Renewable Energy**, [S.l.], v. 143, p. 471-477, 2019.

DE MOURA, A. R.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; DA SILVA, J. A. A.; DE LIMA, T. V. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, n. 26, p. 345-354, 2016.

DE OLIVEIRA, L. K. B. **Nanobioestimulante à base de carbon dots em plantas de feijão-caupi sob estresse salino: aspectos morfofisiológicos, bioquímicos, metabólicos e produtivos**. 2024. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

DE OLIVEIRA, R. M. **Aspectos nutricionais da carne de ovinos alimentados com óleo de babaçu e girassol**. 2023. 41 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2023.

DE OLIVEIRA, W. J.; DE SOUZA, E. R.; SANTOS, H. R. B.; E SILVA, E. F. D. F.; DUARTE, H. H. F.; DE MELO, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 2592-2603, 2018.

DE PAULA, R. J. **Respostas antioxidantes de cultivares de cana-de-açúcar tolerantes à seca e a herbicidas ao déficit hídrico**. 2019. 79 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

DE PAULO, A. A. **Análise das emissões de gases e consumo específico de um grupo motor-gerador abastecido com misturas diesel, biodiesel e etanol**. 2019. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

DE SOUSA, E. F.; BEZERRA, J. M.; LOPES, J. R. A. Estimativa da produção de biogás e composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Bom Sucesso-PB. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 23, n. 2, p. 201-219, 2020.

DE SOUSA FILHO, E. D. N.; ADERALDO, F. Í. C.; DE CARVALHO, G. T.; FERREIRA, G. D. S.; DE MESQUITA, M. D. S. C.; GONDIM, F. A. Cultivo de plantas de girassol suplementadas com resíduos de tanques de produção de tilápia. **Nativa**, Sinop, v. 12, n. 2, p. 241-248, 2024.

DE SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. D. A.; DE LACERDA, C. F.; DE AZEVEDO, B. M.; DA SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista v. 8, n. 3, p. 359- 367, 2014.

DE SOUSA, J. T. M.; DE SOUSA, G. G.; DA SILVA, E. B.; VIANA, T. V. D. A.; FREIRE, M. H. D. C.; SIMPLÍCIO, A. A. F. Desempenho agrônômico de genótipos de amendoim sob estresse salino e diferentes formas de adubação. **Revista em Agronegócio e Ambiente**, Maringá, v. 16, n. 2, p. 1 -17, 2023.

DE SOUZA, R. A. **Desenvolvimento do sorgo cv. brs ponta negra irrigado com água salobra e submetido a diferentes doses de esterco bovino e biofertilizantes**. 2015. 171 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

DOS SANTOS JÚNIOR, J. L.; OLIVEIRA, M. F. D. C.; DA SILVA, E. C. Acúmulo de solutos orgânicos em mudas de *Ceiba glaziovii* (Kutze) Kum. em resposta à seca intermitente. **Scientia Plena**, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2020.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Método colorimétrico para determinação de açúcares e substâncias relacionadas. **Química analítica**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivar de girassol BRS 323**. 2014.

ESTEVES, G. **Poliaminas na mitigação do estresse hídrico em plantas de milho**. 2022. 61 p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2022.

FERREIRA, G. D. S.; ADERALDO, F. Í. C.; DE SOUSA FILHO, E. D. N.; LIMA, E. D. N.; DE BRITO, P. O. B.; BARBOSA, R. M.; DE CARVALHO, G. T.; GONDIM, F. A. Selênio em girassol sob estresse e atividade enzimática. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 21, n. 10, p. 16648-16663, 2023.

GALDINO, S. D. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional de um município de pequeno porte. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 1, p. 01-8, 2015.

HAVIR, E.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalases in tobacco leaves. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987.

HOSSEINZADEH-BANDBAFHA, H.; TABATABAEI, M.; AGHBASHLO, M.; KHANALI, M.; DEMIRBAS, A. A comprehensive review on the environmental impacts of diesel/biodiesel additives. **Energy Conversion and Management**, [S.l.], v. 174, n. 15, p. 579-614, 2018.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal 2017 Maracanaú**. 2018. Disponível em:
<https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Maracanau_2017.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

IRVING, L. J. Carbon Assimilation, Biomass Partitioning and Productivity in Grasses. **Agriculture**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 1116-1134, 2015.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J.-C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 5, p. 709-725, 2011.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

LEITE, V. V.; COSTA, K.; DE FREITAS, G. J. C.; BORGES, E. L.; JANUÁRIO, L. H.; RUAS, C. M. Tratamento de feridas: Efeitos in vitro de aplicações farmacoterapêuticas do óleo de girassol (*Helianthus annuus*). **Revista de Enfermagem Referência**, Coimbra, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2022.

LIMA, A. F. D. S.; DA LUZ, L. N.; DOS SANTOS, M. F.; DA SILVA FILHO, F. V.; GOUVEIA, F. A. D. L.; CASIMIRO, J. A. D. O. Eficiência fisiológica e desempenho do amendoim sob estresse salino e inoculado com *Bradyrhizobium*. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 11, n. 1, p.22-35, 2022.

LISBOA, A. C.; DE MELO JÚNIOR, C. J. A. H.; TAVARES, F. P. A.; DE ALMEIDA, R. B.; DE MELO, L. A.; MAGISTRALI, I. C. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.l.], v. 38, p. 1-6, 2018.

LOPES, I. G. **Tratamento de resíduos da aquicultura: compostagem e uso de mosca soldado negro**. 2020. 134 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2020.

LOPES, L. F.; DOS SANTOS, C. M. D. A.; DO NASCIMENTO, L. G. Otimização estatística da síntese de biodiesel a partir de óleo de girassol em rota metilica. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.13, n.9, p.1-14, 2022.

LOPES, M. D. F. D. Q.; DA SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; DA SILVA, R. T.; FIGUEIREDO, F. R. A.; BRUNO, R. D. L. A. Crescimento de *Erythrina velutina* willd. submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n.4, p. 31-38, 2019.

MACIEL, A. M.; SILVA, J. B. G.; NASCIMENTO, A. D. M.; DE PAULA, V. R.; OTENIO, M. H. Aplicação de biofertilizante de bovinocultura leiteira em um planossolo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 1, p. 151-171, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; DE OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 201.

MANOEL, E.; SILVA, R. F. D.; MORILHA, M. E.; QUEVEDO, L. Avaliação do cultivo orgânico de feijão caupi com aplicação de diferentes doses de biofertilizante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA. 11., 2020, São Cristóvão. **Anais [...]**. São Cristóvão: Cadernos de Agroecologia. Disponível em: <https://cadernos.abagroecologia.org.br/cadernos/article/view/6161/4112>. Acesso em: 11 set. 2024.

MARQUES, W.; SANTOS, A.; ALVES, E.; ROLLIM, J.; PINTO, M. O sol nasce para todos: sustentabilidade mediante telhas fotovoltaicas de concreto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 36-47, 2022.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J. R. T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, 2017.

MEHER; SHIVAKRISHNA, P.; ASHOK REDDY, K.; MANOHAR RAO, D. Effect of PEG-6000 imposed drought stress on RNA content, relative water content (RWC), and chlorophyll content in peanut leaves and roots. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 285–289, 2018.

MENDES, J. S. **Estudo comparativo entre diferentes dosagens de biofertilizante líquido na cultura do morangueiro orgânico**. 2020. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA, Anápolis.

MILA, A. J.; ALI, M. H.; AKANDA, A. R.; OR RASHID, M. H.; RAHMART, M. A. Effects of deficit irrigation on yield, waterproductivity and economic return of sunflower. **Cogent Food & Agriculture**, Londres, v. 3, p. 1-14. 2017.

MILLER, G.; SUZUKI, N.; CIFTCI-YILMAZ, S.; MITTLER, R. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant, Cell & Environment**, v. 33, p. 453-467, 2010.

MIRANDA, F. R. **Potencial de cafeeiros híbridos de timor para tolerância à deficiência hídrica**. 2023. 33 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

MONTEIRO, S. S.; MONTEIRO, S. S.; SANTOS, D. D. S.; DE LIMA, J. F.; DA COSTA, J. S. A. Biofertilizante como bioestimulante na germinação de feijão de porco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, n. 16, p. 9-17, 2021.

MOREIRA, V. O. G.; DE ASSIS JÚNIOR, R. N.; ARAGÃO, T. C. Crescimento e fotossíntese do milho cultivado sob estresse salino com esterco e polímero superabsorvente. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 603-616, 2020.

MORI, M. D. S.; CABÚS, R. S.; FREITAS, S. R. S. Sequência didática sobre educação ambiental: uma abordagem metodológica alternativa para o ensino sobre a poluição atmosférica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 15, n. 31, p. 59-70, 2016.

MOSCÔSO, J. S. C.; SOUZA, R. F. D. S.; ARAÚJO, L. M.; SANTOS, H. C.; DIAS, B. O.; FRAGA, V. D. S.; SALCEDO, I. H. Uso de adubação orgânica na cultura do arroz vermelho sob estresse hídrico: formas de potencializar a produtividade e conservar o meio ambiente. **EDUCamazônia**, Educação, Sociedade e Meio Ambiente, Humaitá, n. 23, p. 238-260, 2019.

MURTA, A. L. S.; DE FREITAS, M. A. V.; MURTA, M. D. P. A. Redução de emissões de CO₂ por uso de biodiesel na frota de ônibus urbana do rio de janeiro. **Valore**, Volta Redonda, v. 8, p. 42-56, 2023.

MUZZOLON, E.; BIASI, D. C.; KONOPKA, D. N.; DE OLIVEIRA, J.; SCOPEL, F. H. P.; BAINY, E. M. Processamento de fishburguer utilizando subprodutos da filetagem de tilápia: Caracterização físico-química, análise do congelamento e avaliação da vida de prateleira. **Brazilian Journal of Food Research**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 154-173, 2018.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant & Cell Physiology**, [S.l.], v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NASCIMENTO, J. B.; BARRIGOSI, J. A. F. O papel das enzimas antioxidantes na defesa das plantas contra insetos herbívoros e fitopatógenos. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 234-250, 2014.

NASCIMENTO, M. D. S. Produção de compostagem e silagem como gestão sustentável dos resíduos de peixes. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, [S.l.], v. 2, n. 2, 2023.

NICOLAI, A. B. **Desempenho do trigo em função da aplicação de biorreguladores e déficit hídrico no início do florescimento**. 2024. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2024.

NXELE, X.; KLEIN, A.; NDIMBA, B. K. Drought and salinity stress alters ROS accumulation, water retention, and osmolyte content in sorghum plants. **South African Journal of Botany**, [S.l.], v. 108, n. 1, p. 261-266, 2017.

NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; NASCIMENTO, R. G. S.; BRUNO, R. D. L. A.; ALVES, E. U.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade fisiológica de sementes de melão pepino sob salinidade crescente da água de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1011-1018, 2019.

PACHECO, A. G. **Germinação e crescimento inicial de girassol (*Helianthus annuus* L.) sob diferentes substratos submetidos a estresse salino**. 2019. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

PAIXÃO, C. L. D.; JESUS, D.; COSTA, D.; PEREIRA, P. P.; AZEVEDO NETO, A. Caracterização fisiológica e bioquímica de genótipos de girassol com tolerância diferenciada ao estresse hídrico. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 2011-2022, 2014.

PALMA, M. S. G. **Estresse oxidativo em raízes de plantas jovens de cana-de-açúcar sob toxidez de alumínio e com suplementação de silício**. 2021. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PEIXE BR - Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário Peixe BR da Piscicultura de 2023**. São Paulo, 65p. 2023.

PESSOA, L. G. M.; FREIRE, M. B. G. D. S.; DE ARAÚJO FILHO, J. C.; DOS SANTOS, P. R.; MIRANDA, M. F. A.; FREIRE, F. J. Characterization and Classification of Halomorphic Soils in the Semiarid Region of Northeastern Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 4, p. 405-418, 2019.

PROTOBA, Y. S. **Exportações brasileiras de pescados no período de 2014 a 2022: uma avaliação sobre destacados aspectos econômicos**. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2023.

RAMOS, J. P. D. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; BEZERRA, H. F. C.; PEREIRA, G. A.; BELTRÃO, G. R.; OLIVEIRA, J. S Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. **Redvet**, Málaga, v. 16, n. 12, p. 1-11, 2015.

ROCHA, A. D. F. **Adaptabilidade dos juvenis de tilápia nos diferentes sistemas de cultivo**. 2022. 96 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2022.

SÁ, F. V. D. S. **Fisiologia de porta-enxertos de citros sob água salina em cultivo hidropônico**. 2014. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal.

SÁ, F. V. D. S. **Morfofisiologia de plantas de feijão-caupi sob estresse salino e adubação fosfatada**. 2016. 94 p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

SALDANHA, C. F.; RIBEIRO, K. D. Eficácia do composto de cama de frango como adubo orgânico no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido. **Sustentare**, Três Corações, n. 5, p. 49-62, 2021.

SANTOS, J. M. S. M. **Qualidade da água de drenagem e salinidade do solo no perímetro irrigado Jacaré-Curituba no município de Poço Redondo – Sergipe**. 2022. 73 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

SANTOS, M. R. D. R.; ZÁRATE-SALAZAR, J. R.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. Indução de tolerância ao estresse salino em cana-de-açúcar mediante *priming* com ácido salicílico. **Agrarian Academy**, Goiânia, v.6, n.11; p. 186-196, 2019.

SARTORI, A. V. D. S.; DE OLIVEIRA, C. M. G.; ZUCARELI, C. Biochemical changes in black oat plants in response to water deficit under different temperatures. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 5, p. 2685-2702, 2021.

SCHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, p. 1427-1437, 1995.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Desenvolvimento e potencial da tilapicultura no brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 177-201, 2018.

SENA, L. M.; DE ARRUDA, J. F.; DE BRITO, P. O. B.; COSTA, F. R. D. S.; PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A. Cultivo de plantas de *Erythrina velutina* em substrato contendo vermicomposto. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 3, p. 247-252, 2021.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; BONIFÁCIO, B. F. Saline waters and nitrogen/potassium fertilization combinations on physiological aspects and production of West Indian cherry. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 16, n. 6, p. 1-14, 2021.

SILVA, P. V. S. R.; NASCIMENTO, P. D. S. Sunflower biometrics and chemical salinity attributes of soil irrigated with waters of different qualities. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 15, n. 4, 2020.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; DE SOUSA, K. A.; RODRIGUES, G. B.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, L. F. L. Qualidade fisiológica de sementes de girassol armazenadas em diferentes embalagens. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 6, p. 1-17, 2020.

SOUZA, L. D. P.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DE FÁTIMA, R. T.; DE LIMA, G. S.; DINIZ, G. L. Índices fisiológicos e crescimento de porta-enxertos de cajueiro sob estresse salino e concentrações de prolina. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n.1, p. 169-183, 2021.

SOUZA, F. D. C. P.; SASSI, K. K. B.; GUSMÃO, T. A. S.; MOREIRA, R. T. Obtenção de farinha de subproduto do beneficiamento do peixe Cará-Açu (*Lobotes surinamensis*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 52406-52417, 2020.

STEINER, F.; ZUFFO, A. M.; BUSCH, A.; SOUSA, T. D. O.; ZOZ, T. Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, p. 1-9, 2019.

SYAFIUDDIN, A.; CHONG, J. H.; YUNIARTO, A.; HADIBARATA, T. The current scenario and challenges of biodiesel production in Asian countries: A review. **Bioresource Technology Reports**, [S.l.], v. 12, p. 100608, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 848p.

TORRES, K. M. S.; KRELLING, A. P.; PEREIRA, L. A.; AFONSO, T. S. Do lixo ao luxo: o instagram como ferramenta de educação ambiental sobre a poluição de resíduos sólidos em regiões praianas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 85-98, 2022.

TREVIZAN, C. B.; BONACINA, C.; ALVES, A. C. D. G.; MAGALHÃES, H. M.; DE SOUZA, S. G. H. Germinação e crescimento inicial de plântulas de manjerição submetidas ao estresse salino. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 72040-72052, 2020.

VIDAL, J. M. A.; RODRIGUES, M. D. C. P.; ZAPATA, J. F. F.; VIEIRA, J. M. M. Concentrado protéico de resíduos da filetagem de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização físico-química e aceitação sensorial. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 92-99, 2011.

VIEIRA, A. C.; DA SILVA, A. R. A.; CAVALCANTE, I. D. O.; DA SILVA, M. O.; LEITTE, J. P. N. A suplementação de matéria orgânica pode melhorar a produção de biomassa de plantas de alface sob irrigação deficitária? In: **CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**, 32, 2023, Fortaleza. Anais. Fortaleza: Inovagri, 2023. P. 1-8.

YAP, C. K.; TAN, W. S.; WONG, K. W.; ONG, G. H.; CHENG, W. H.; NULIT, R.; IBRAHIM, M. H.; CHEW, W.; EDWARD, F. B.; OKAMURA, H.; AL-MUTAIRI, K. A.; AL-SHAM, S. A.; SHARIFINIA, M.; MUSTAFA, M.; LEONG, W. J.; YOU, C. F. Antioxidant Enzyme Activities as Biomarkers of Cu and Pb Stress in Centella asiática. **Stresses**, [S.l.], v. 1, p. 253-265, 2021.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. A determinação de aminoácidos com ninidrina. **Analista**, [S.l.], v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.

ZANUNCIO, A. D. S.; TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; CAPRISTO, D. P.; GUEDES, P. H. Biofertilizante orgânico na cultura do feijoeiro comum. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 5, 2020.