



## Produção de matéria seca e atividade enzimática antioxidativa de plântulas de girassol sob condições de estresse salino suplementadas com *Salvinia auriculata*

Janacinta Nogueira de SOUZA<sup>1</sup> , Paulo Ovídio Batista de BRITO<sup>1</sup> , Gabriela de Sousa FERREIRA<sup>1</sup> ,  
Julyanne Fonteles de ARRUDA<sup>1</sup> , Franklin Aragão GONDIM<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Maracanaú, CE, Brasil.  
\*E-mail: aragaofg@yahoo.com.br

Submetido em 28/03/2022; Aceito em 21/01/2023; Publicado em 12/02/2023.

**RESUMO:** A cultura do girassol apresenta aclimação às diversas condições climáticas, deste modo, justifica-se o destaque e competitividade na produção de biodiesel no Brasil. Contudo, as condições edafoclimáticas semiáridas e o atual modelo de produção agrícola limitam a cultura, uma vez que estresses abióticos como o estresse salino, ocasionam distúrbios no crescimento, desenvolvimento e redução da produtividade das plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e a atividade enzimática antioxidativa de plântulas de girassol sob condições salinas suplementadas com a macrófita *Salvinia auriculata* no substrato avaliando-se a produção de massa seca e as atividades antioxidativas dismutase do superóxido (SOD), catalase (CAT), peroxidase de ascorbato (APX) e peroxidase do guaiacol (GPX) em folhas e raízes. O delineamento experimental inteiramente casualizado em que o primeiro arranjo correspondeu a uma testemunha sem o sal e as duas concentrações de NaCl em solução aquosa (50 e 100 mM de NaCl) e o segundo arranjo para três tipos de substratos (areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup> e areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), com 5 repetições por tratamento. Verificou-se que o aumento gradativo das concentrações de NaCl provocou maiores decréscimo na produção de massa seca. De modo geral, houve aumento nas atividades das enzimas antioxidativas, principalmente nas plantas que receberam suplementação *Salvinia auriculata*. Os dados demonstraram que a suplementação com *Salvinia auriculata* ocasionou proteção contra os danos oxidativos do estresse salino e minimização dos efeitos deletérios do estresse salino no crescimento vegetal.

**Palavras-chave:** energias renováveis; *Helianthus annuus* L.; adubação nitrogenada; salinidade.

### Dry mass production and antioxidative enzymatic activity in sunflower seedlings under salt stress conditions supplemented with *Salvinia auriculata*

**ABSTRACT:** The sunflower culture presents acclimatization to the various climatic conditions, thus justifying the prominence and competitiveness in the production of biodiesel in Brazil. However, the semi-arid soil and climate conditions and the current agricultural production model limit the crop, since abiotic stresses such as saline stress cause disturbances in growth, development and reduction of plant productivity. The objective of the work was to evaluate the growth and the antioxidative enzymatic activity of sunflower seedlings under saline conditions supplemented with the macrophyte *Salvinia auriculata* in the substrate by evaluating the dry mass production and the antioxidative activities dismutase of superoxide (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and guaiacol peroxidase (GPX) in leaves and roots. The experimental design was entirely randomized in which the first arrangement corresponded to a witness without salt and two concentrations of NaCl in aqueous solution (50 and 100 mM of NaCl) and the second arrangement for three types of substrates (sand; sand + commercial humus 80 kg N ha<sup>-1</sup> and sand + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), with 5 repetitions per treatment. It was verified that the gradual increase of NaCl concentrations caused a greater decrease in dry mass production. In general, there was an increase in the activities of the antioxidative enzymes, mainly in the plants that received *Salvinia auriculata* supplementation. The data showed that the supplementation with *Salvinia auriculata* caused protection against the oxidative damages of the saline stress and minimization of the deleterious effects of the saline stress on the plant growth.

**Keywords:** renewable energies; *Helianthus annuus* L.; nitrogen fertilization; salinity.

## 1. INTRODUÇÃO

A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira ganhou forças com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em 2010, na qual o cultivo de oleaginosas no Brasil teve aumento expressivo (FILHO et al., 2019). A soja ainda é a principal matéria prima na produção de óleo (FILHO et al., 2019), contudo, oleaginosas com boas características agrônômicas, como o girassol, passaram a ser

considerados potenciais insumos de produção (SANTOS JÚNIOR et al., 2011). Além do girassol ter bastante aclimação às diferentes condições climáticas (JARDINI et al., 2014), a cultura tem alto rendimento de grãos (SIQUEIRA E SILVA et al., 2019) e excelente qualidade do óleo produzido (SOUZA et al., 2014).

Entretanto, estudos mostram que o crescimento e o desenvolvimento da cultura do girassol são fortemente

influenciados por estresses abióticos (SILVA; NASCIMENTO, 2019). Apesar de diversas pesquisas reportarem efeitos negativos do estresse salino nas plantas, ainda se tem pouco conhecimento sobre a tolerância dessa espécie à salinidade (OLIVEIRA et al, 2019).

Apontadas corriqueiramente pela escassez hídrica, as regiões semiáridas são as que mais sofrem com problemas de salinização dos solos devido aos elevados índices de radiação solar, além das baixas precipitações não possibilitarem lixiviação suficiente dos sais (WALTER et al., 2018). Dentre os estresses abióticos, a salinidade é um dos fatores que mais prejudica a produção das plantas (FATMA et al., 2014; SILVA; NASCIMENTO, 2019).

O estresse salino afeta as culturas devido aos efeitos osmóticos e tóxicos, em que íons específicos ocasionam desordens fisiológicas e desbalançamento nutricional (GHEYI et al., 2010; NEGRÃO et al., 2017). Adicionalmente, induz o acúmulo de Espécies Reativas de Oxigênio (ROS), responsáveis pelo estresse oxidativo. Estas podem alterar o metabolismo celular, causando danos oxidativos nos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, além de poder levar à destruição oxidativa das células (HOSSAIN; DIETZ, 2016; SILVA, 2017).

Diversas pesquisas vêm evidenciando que, mesmo em meio salino, as plantas de girassol quando suplementadas com nutrientes orgânicos, como a adubação nitrogenada, conseguem melhorar a eficiência de seus mecanismos de defesa, aumentando a atividade das enzimas antioxidativas, e consequentemente, atenuando os efeitos do estresse salino (CONCEIÇÃO, 2015; SOUSA, 2019).

As macrófitas têm se mostrado uma alternativa sustentável para substituir nutrientes no solo, gerando diversos benefícios, como a recuperação de corpos hídricos eutrofizados, promoção da reciclagem dos nutrientes, além de reduzir o uso de adubos e fertilizantes nas atividades agrícolas (POMPEO, 2017).

Diante do contexto, acredita-se que as plantas podem se tornar mais tolerantes. O uso de água salina no cultivo do girassol suplementado com macrófitas pode ser uma alternativa para pequenos produtores, bem como para conhecer as alterações fisiológicas e bioquímicas resultantes dessa adubação em condições de estresse. Assim, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas e técnicas que otimizem a produção de insumos com o uso de águas salinas (MORAES et al., 2014; COVA et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2017; LIMA et al., 2017).

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e a atividade enzimática antioxidativa de plântulas de girassol sob condições salinas suplementadas com *Salvinia auriculata* através de avaliações da produção de massa seca e das atividades das enzimas dismutase do superóxido (SOD), catalase (CAT), peroxidase de ascorbato (APX) e peroxidase do guaiacol (GPX) em folhas e raízes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Condições experimentais e material vegetal

O experimento foi conduzido entre novembro e dezembro de 2019 em casa de vegetação do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, pertencente ao município de Maracanaú, Ceará, Brasil.

Utilizaram-se semente de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivar BRS 323 cedidas pela EMBRAPA, Produtos e Mercado – Escritório Dourados, MS, Brasil. As sementes

foram semeadas em vasos plásticos de 5L com cinco sementes/vaso. Ao 7º Dia Após Semeadura (DAS) foi realizado desbaste, para garantir maior vigor às plântulas, deixando-se somente 2 (duas) por vaso.

### 2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Para suplementação das plântulas de girassol no experimento foi utilizada a espécie de macrófita *Salvinia auriculata* Aubl., obtida às margens da lagoa de Maracanaú – Ceará – Brasil, durante o período seco, cujas coordenadas foram 3° 52' 45.912" S 38° 37' 46.740" W. A espécie foi identificada pelo herbário Prisco Bezerra da Universidade Federal do Ceará.

A fim de calcular as quantidades de *Salvinia auriculata* a serem acrescidas aos substratos, secou-se o material em estufa com circulação forçada de ar a 60 ° C e, em seguida, determinou-se a concentração de Nitrogênio total (N) pela metodologia de Malavolta (1997), encontrando-se o valor de 7,6 g.kg<sup>-1</sup>. Seguiu-se a recomendação da Embrapa que estabelece 80 kg N ha<sup>-1</sup> para produção de girassol (EMBRAPA, 2014). As características químicas da macrófita *Salvinia auriculata* e do húmus comercial acrescido à areia utilizados para a composição dos substratos podem ser observadas na (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas da macrófita *Salvinia auriculata* e do húmus comercial acrescido à areia de granulometria fina utilizados para a composição dos substratos para plantas de girassol. Table 1. Chemical characteristics of the macrophyte *Salvinia auriculata* and commercial humus added to fine-grained sand used to compose substrates for sunflower plants.

Espécies	g.Kg					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
<i>S. auriculata</i>	7,6	1,3	4,8	0,8	1,5	4
Húmus	2,2	8,43	8,10	1,52	1,85	-
mg.Kg						
	Fe	Cu	Zn	Mn		
<i>S. auriculata</i>	6019,5	23,4	29	341,9		
Húmus	3445,5	1,80	89,3	380,1		

O delineamento experimental inteiramente casualizado em que o primeiro arranjo correspondeu a uma testemunha sem o sal e a duas concentrações de NaCl em solução aquosa (50 e 100 mM de NaCl) e o segundo arranjo para três tipos de substratos (areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup> e areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), com 5 repetições por tratamento, sendo cada uma constituída por 1 vaso com 2 plântulas. Os resultados foram submetidos às análises de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05) utilizando-se o programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2018) e o programa gráfico Sigma Plot 11.0.

A irrigação foi realizada manualmente em intervalos diários a 80% da capacidade de campo (CC) com soluções de NaCl (0, 50 ou 100 mM), aplicando-se de forma homogênea. Aos 21 DAS, as plântulas foram coletadas e segregadas em parte aérea (caules + folhas) e raízes para as determinações de massas secas e para preparação dos extratos para as determinações das atividades enzimáticas.

### 2.3. Determinação da Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), das Massa Seca da Raízes (MSR) e Massa Seca Total (MST)

Para determinação da massa seca, as plântulas foram segregadas em parte aérea (folhas + caules) e raízes e

aconditionadas em sacos de papel que foram postos para secar em estufa de circulação forçada em temperatura de 60 °C (± 1 °C) até atingir massa constante. Posteriormente, o material vegetal foi devidamente pesado em balança de precisão analítica.

#### 2.4. Preparação dos extratos enzimáticos e determinações das atividades das enzimas antioxidativas

Os extratos de folhas e raízes frescas foram obtidos a partir da maceração em almofariz de 1 g de matéria fresca em nitrogênio líquido para obtenção do pó. Em seguida, adicionaram-se 4,0 mL de tampão fosfato de potássio a 100 mM, pH 7,0, contendo EDTA a 0,1 mM. Para determinação da atividade da enzima Peroxidase do Ascorbato (APX) adicionaram-se 2 mM de ascorbato ao tampão. O macerado foi filtrado em tecido de náilon de malha fina e centrifugado a 12.000 x g durante 15 min.

A atividade da CAT foi determinada pelo decréscimo na absorbância em 240 nm, devido ao consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (HAVIR; McHALE, 1987); a da GPX pelo método de Kar e Mishra (1976), sendo a reação acompanhada pelo incremento da absorbância em 470 nm, devido à formação do tetraguaiacol; a da APX pelo método de Nakano e Asada (1981), sendo a oxidação do ascorbato medida pelo decréscimo na absorbância em 290 nm, e a da SOD pelo método de Beauchamp e Fridovich (1971), sendo a reação medida através do aumento da absorbância em 560 nm, devido à produção de formazana azul, resultante da fotorredução do p-Nitrobluetetrazolium (NBT). As atividades das enzimas CAT, APX e GPX foram expressas em μmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF, e a da SOD em UA g<sup>-1</sup> MF, onde MF representa matéria fresca e sendo uma UA (unidade de atividade enzimática) definida como sendo a quantidade de enzima necessária para causar 50% de inibição da fotorredução do NBT.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Produção de massa seca

Através da análise de variância (Tabela 2) verificou-se que houve efeito significativo para produção de massa seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) nos fatores: Substrato (S) e Níveis de Sal (NS) e na interação (S x NS). Para a massa seca total (MST) somente a interação (S x NS) não foi significativa ao nível de (p < 0,05).

Os valores de massa seca na parte aérea, das raízes e total (Figura 1), apresentaram diferença estatística quanto ao tipo de irrigação.

Tabela 2. Resumos das análises de variância da produção de massa seca da parte aérea (MSPA), nas raízes (MSR) e massa seca total (MST) de plântulas de girassol cultivar BRS 323 em função dos diferentes níveis de salinidade (0, 50 e 100 mM de NaCl) e substratos (Areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup>; areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>).

Table 2. Summaries of analysis of variance of shoot dry mass (MSPA), root (MSR) and total dry mass (TSM) production of sunflower seedlings cultivar BRS 323 as a function of different salinity levels (0, 50 and 100 mM NaCl) and substrates (Sand; sand + commercial humus 80 kg N ha<sup>-1</sup>; sand + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		MSPA	MSR	MST
Substrato (S)	2	0.0922**	0.0093**	0.1188**
Níveis_Sal (NS)	2	0.0277**	0.0064**	0.1054**
S x NS	4	0.0089**	0.0014**	0.0127 <sup>ns</sup>
Erro	32	0.0007	0.0002	0.0097
Total Corrigido	44	-	-	-

GL – Grau de liberdade; MSPA – Massa seca da parte aérea em g/planta; MSR – Massa seca da raiz em g/planta; MST – Massa seca total em g/planta; \*\* – significativo à p ≤ 0.05; ns – não significativo; CV – Coeficiente de variação.

GL – Degree of freedom; MSPA – Dry mass of aerial part in g/plant; MSR – Root dry mass in g/plant; MST – Total dry mass in g/plant; \*\* – significant at p ≤ 0.05; ns – not significant; CV – Coefficient of variation.

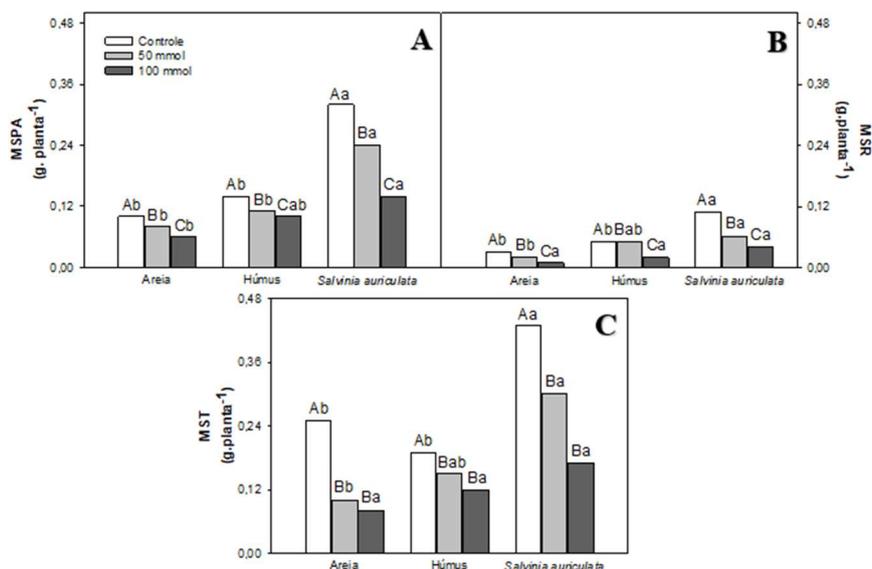


Figura 1. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de girassol cultivar BRS 323 em função dos diferentes níveis de salinidade (0, 50 e 100 mM de NaCl) e substratos (areia, húmus e *Salvinia auriculata*). Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (0, 50 e 100 mM de NaCl), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos (areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup>; areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), de acordo com o teste de Tukey (P ≤ 0,05).

Figure 1. Shoot dry matter (MSPA), root (MSR) and total (MST) of sunflower seedlings cultivar BRS 323 as a function of different salinity levels (0, 50 and 100 mM NaCl) and substrates (sand, humus and *Salvinia auriculata*). Different capital letters indicate significant differences in the type of irrigation (0, 50 and 100 mM NaCl), while different lowercase letters indicate significant differences in relation to the different substrates (sand; sand + commercial humus 80 kg N ha<sup>-1</sup>; sand + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), according to the Tukey test (P ≤ 0.05).

### 3.2. Atividade enzimática nas folhas

De acordo com a análise de variância (Tabela 3), verificou-se que houve efeito significativo no parâmetro das atividades das enzimas CAT e GPX em folhas nos fatores: Substrato (S) e Níveis de Sal (NS) e na interação (S x NS). Para as atividades das enzimas APX somente o NS não foi significativo ao nível de ( $p < 0,05$ ) e para as atividades das enzimas SOD somente a interação (S x NS) não demonstrou diferença estatística.

A Figura 2 mostra os valores da atividade enzimática de Peroxidase do Ascorbato – APX (A), Catalase – CAT (B), Peroxidase do Guaiacol – GPX (C) e Superóxido Dismutase – SOD (D) em folhas de plântulas de girassol sob condições controle e estresse salino.

### 3.3 Atividade enzimática nas raízes

De acordo com a análise de variância (Tabela 4) verificou-se que houve efeito significativo no parâmetro das atividades das enzimas APX e CAT em raízes nos fatores Substrato (S) e Níveis de Sal (NS) e na interação (S x NS). Para as atividades das enzimas GPX somente a interação (S x NS) não foi significativa ao nível de ( $p < 0,05$ ) e para as atividades das enzimas SOD nenhum dos fatores e a interação demonstraram diferença estatística.

A Figura 3 mostra os valores da atividade enzimática de Peroxidase do Ascorbato – APX (A), Catalase – CAT (B), Peroxidase do Guaiacol – GPX (C) e Superóxido Dismutase – SOD (D) em raízes de plântulas de girassol sob condições controle e estresse salino.

Tabela 3. Resumos das análises de variância das atividades das enzimas Peroxidase do Ascorbato (APX), Catalase (CAT), Peroxidase do Guaiacol (GPX) e Superóxido Dismutase (SOD) em folhas de plântulas de girassol em diferentes substratos (areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup>; areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>) sob condições de irrigação (0, 50 e 100 mM de NaCl).

Table 3. Summaries of variance analyzes of Ascorbate Peroxidase (APX), Catalase (CAT), Guaiacol Peroxidase (GPX) and Superoxide Dismutase (SOD) enzyme activities in sunflower seedling leaves on different substrates (sand; sand + commercial humus 80 kg N ha<sup>-1</sup>; sand + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>) under irrigation conditions (0, 50 and 100 mM NaCl).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		APX	CAT	GPX	SOD
Substrato (S)	2	364,6169**	18,5910**	1,4515**	2950,1772**
Níveis_Sal (NS)	2	45,4410 <sup>ns</sup>	37,7344**	4,2595**	1464,6095**
S x NS	4	79,4301**	77,5926**	0,4285**	639,6617 <sup>ns</sup>
Erro	32	14,8872	1,5071	0,0481	238,2818
Total Corrigido	44	-	-	-	-
CV (%)	-	36,39	25,28	22,02	29,93

GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; \*\* – significativo à  $p \leq 0,05$ ; ns – não significativo.

GL – Degree of freedom; CV – Coefficient of variation; \*\* – significant at  $p \leq 0,05$ ; ns – not significant.

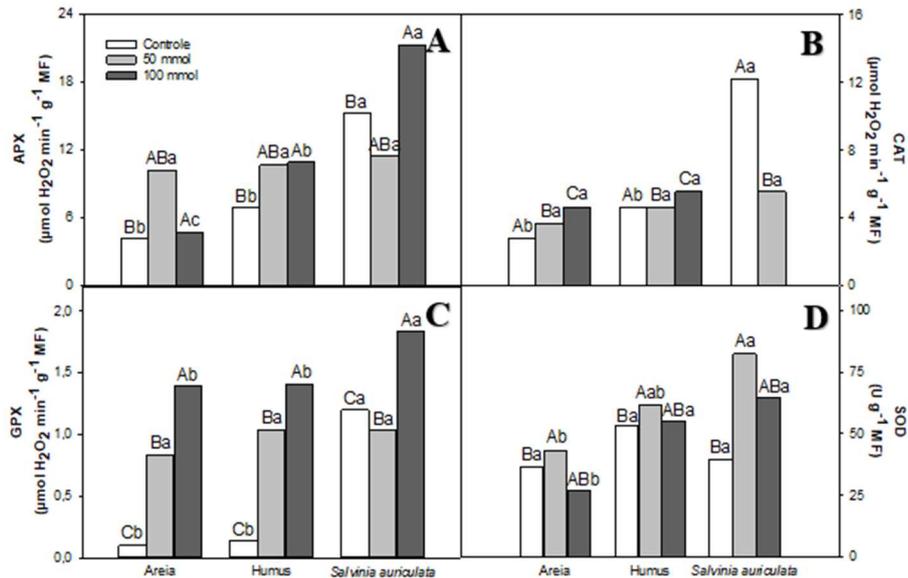


Figura 2. Atividade das enzimas Peroxidase do Ascorbato - APX (A), Catalase – CAT (B), Peroxidase do Guaiacol – GPX (C) e Superóxido Dismutase – SOD (D) em folhas de plântulas de girassol sob condições controle e estresse salino. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (0, 50 e 100 mM de NaCl), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos (areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup>; areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Figure 2. Ascorbate Peroxidase - APX (A), Catalase - CAT (B), Guaiacol Peroxidase - GPX (C) and Superoxide Dismutase - SOD (D) enzyme activity in sunflower seedling leaves under control and saline stress conditions. Different capital letters indicate significant differences in the type of irrigation (0, 50 and 100 mM NaCl), while different lowercase letters indicate significant differences in relation to the different substrates (sand; sand + commercial humus 80 kg N ha<sup>-1</sup>; sand + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), according to the Tukey test ( $P \leq 0.05$ ).

Tabela 4. Resumos das análises de variância das atividades das enzimas Peroxidase do Ascorbato (APX), Catalase (CAT), Peroxidase do Guaiacol (GPX) e Superóxido Dismutase (SOD) em raízes de plântulas de girassol em diferentes substratos (areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup>; areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>) sob condições controle e estresse salino (0, 50 e 100 mM de NaCl).

Table 4. Summaries of the analysis of variance of the activities of the enzymes Ascorbate Peroxidase (APX), Catalase (CAT), Guaiacol Peroxidase (GPX) and Superoxide Dismutase (SOD) in roots of sunflower seedlings in different substrates (sand; sand + commercial humus 80 kg N ha<sup>-1</sup>; sand + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>) under control conditions and salt stress (0, 50 and 100 mM NaCl).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		APX	CAT	GPX	SOD
Substrato (S)	2	1074,9482**	35,7449**	0,5056**	217,6081ns
Níveis_Sal (NS)	2	1074,4547**	111,8188**	6,5777**	276,8668ns
S x NS	4	560,9596**	13,2444**	0,0913ns	163,2317ns
Erro	32	186,5611	1,7857	0,1274	140,9504
Total Corrigido	44	-	-	-	-
CV (%)	-	107,40	21,56	28,79	10,56

GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; \*\* – significativo à p ≤ 0.05; ns – não significativo.

GL – Degree of freedom; CV – Coefficient of variation; \*\* – significant at p ≤ 0.05; ns – not significant.

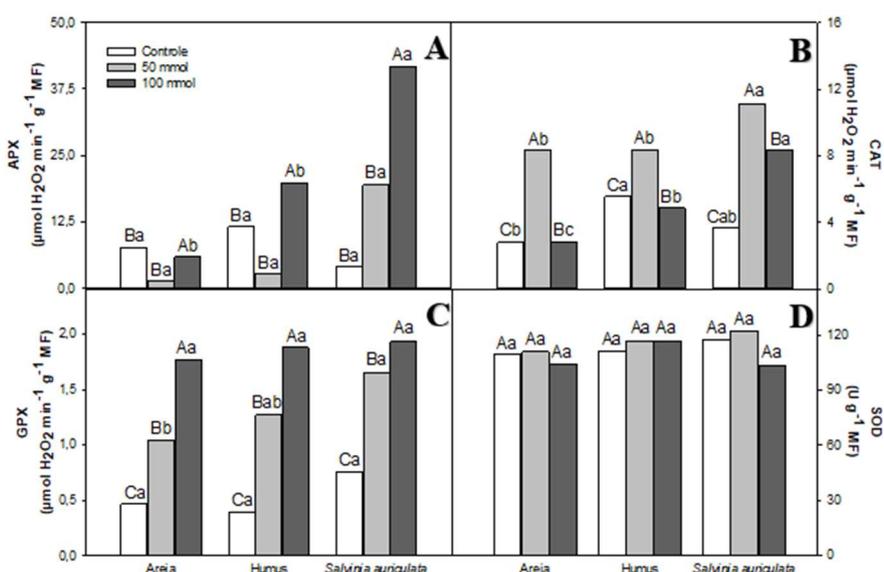


Figura 3. Atividade das enzimas Peroxidase do Ascorbato - APX (A), Catalase - CAT (B), Peroxidase do Guaiacol - GPX (C) e Superóxido Dismutase - SOD (D) em raízes de plântulas de girassol sob condições controle e estresse salino. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas ao tipo de irrigação (0, 50 e 100 mM de NaCl), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas em relação aos diferentes substratos (areia; areia + húmus comercial 80 kg N ha<sup>-1</sup>; areia + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), de acordo com o teste de Tukey (P ≤ 0,05).

Figure 3. Ascorbate Peroxidase - APX (A), Catalase - CAT (B), Guaiacol Peroxidase - GPX (C) and Superoxide Dismutase - SOD (D) enzyme activity in sunflower seedling roots under control and stress conditions saline. Different capital letters indicate significant differences in the type of irrigation (0, 50 and 100 mM NaCl), while different lowercase letters indicate significant differences in relation to the different substrates (sand; sand + commercial humus 80 kg N ha<sup>-1</sup>; sand + *Salvinia auriculata* 120 kg N ha<sup>-1</sup>), according to the Tukey test (P ≤ 0.05).

#### 4. DISCUSSÃO

##### 4.1. Produção de massa seca

As condições salinas (50 e 100 mM de NaCl) induziram a redução no acúmulo de massa seca na parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) em todos os substratos analisados (Tabela 3). No entanto, as plântulas suplementadas com *Salvinia auriculata* apresentaram melhor capacidade de incremento de massa seca na parte aérea e raízes, comparada ao controle (0 mM de NaCl), tanto à 50 como à 100 mM de NaCl.

A condição de 100 mM de NaCl proporcionou as menores produções de MSPA (Figura 1A). Na concentração de 0 mM de NaCl, os tratamentos com *Salvinia auriculata* se diferenciaram estatisticamente na produção de MSPA quanto aos demais substratos e os incrementos foram de 128 e 266% comparados ao húmus e à areia, respectivamente. O mesmo ocorreu na concentração de 50 mM de NaCl em que foi observado incrementos nos tratamentos suplementados com *Salvinia auriculata* de 118 e 200% comparados ao húmus e à

areia, respectivamente. Na concentração de 100 mM de NaCl houve a menor produção de MSPA. O substrato *Salvinia auriculata* apresentou acréscimo de 300% comparado à areia e não houve diferenças estatísticas da *Salvinia auriculata* e do húmus.

Na concentração de 0 mM de NaCl, os tratamentos com *Salvinia auriculata* se diferenciaram estatisticamente na produção de massa seca nas raízes (Figura 1B) e os incrementos foram de 120 e 266% comparados ao húmus e à areia, respectivamente. Na concentração de 50 mM de NaCl, o tratamento com *Salvinia auriculata* não diferiu do húmus e houve incremento de 300% comparado à areia. Na concentração de 100 mM houve a menor produção de MSR e os substratos não diferiram entre si.

Por meio dos dados levantados, a condição controle proporcionou maior produção de massa seca total em todos os substratos utilizados e os tratamentos suplementados com *Salvinia auriculata* proporcionaram maior produção de MST.

A intensificação da salinidade reduziu significativamente a MSPA, MSR e consequentemente a MST (Figura 1C). O efeito da salinidade sobre o acúmulo de massa seca tem sido observado por vários autores e em diferentes espécies de oleaginosas de interesse agrônomo, como o girassol (MORAES et al., 2011). O acúmulo de fitomassa seca total é tido como a variável de crescimento vegetal mais afetada pela salinidade (BRITO et al., 2008).

Essa inibição de crescimento, demonstrada por meio da MSPA, MSR e MST, é explicada por Flowers (2004) devido ao estresse salino induzir a diminuição do potencial osmótico da solução do solo, assim como aumentar a possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em função da acumulação em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais. Assim, a salinidade impõe um gasto maior de energia nas plantas para a absorção da água e, por consequente, ocorre diminuição na produção de matéria seca (LEONARDO et al., 2007).

Esses dados corroboram com vários trabalhos (GOMES et al., 2015; AZEVEDO et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016; TRAVASSOS, et al., 2020) onde os autores observaram que as plantas de girassol tiveram decréscimos na produção de massa seca em condições salinas.

#### 4.2. Atividade enzimática nas folhas

Para atividade da enzima APX (Figura 2A), na condição controle (0 mM de NaCl) o tratamento suplementado com *Salvinia auriculata* apresentou acréscimo de 267 e 120% em relação à areia e ao húmus, respectivamente. Quanto à condição de 50 mM de NaCl, os tratamentos não se diferiram quanto ao substrato. Já para a condição de 100 mM de NaCl, todos os tratamentos diferiram entre si e houve acréscimos mais expressivo da enzima APX, em que o tratamento com *Salvinia auriculata* revelou aumento de 360% e 196% em relação a areia e ao húmus, respectivamente.

Foi observado, para as condições de irrigação estudadas, que os tratamentos suplementados com *Salvinia auriculata* demonstraram maior atividade enzimática de APX, em especial na condição de 100 mM de NaCl. O aumento da atividade de APX na condição supracitada é deduzido em função da diminuição do teor de  $H_2O_2$  e indica a importância na defesa de tecidos fotossintético contra o estresse fotooxidativo para as plântulas de girassol (CONCEIÇÃO, 2015).

Quanto à atividade de catalase (Figura 2B), na condição controle (0 mM de NaCl) o tratamento suplementado com *Salvinia auriculata* apresentou acréscimo de 340 e 164% em relação à areia e ao húmus, respectivamente. Quanto à condição de 50 mM de NaCl e 100 mM de NaCl, não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto ao tipo de substrato. Na condição de estresse salino a 100 mM de NaCl, observou-se que não houve atividade da CAT no tratamento com *Salvinia auriculata*.

A atividade da CAT é mais efetiva em altas concentrações de  $H_2O_2$  (DUBEY, 2011). A redução da atividade da catalase pode indicar que, sob condições de estresse, o  $H_2O_2$  produzido pelas plantas pode ser mais consumido em processos oxidativos, como na peroxidação de lipídeos, do que eliminado do metabolismo pela ação da enzima catalase (CARMAK; HORST, 1991), deduzindo, dessa forma, inibição da atividade da enzima devido ao estresse salino. Outra hipótese é a possível inibição do ferro na atuação do complexo enzimático da catalase, pois o ferro é um dos principais coadjuvantes na composição da enzima

(HALLIWELL, 1989) e foi encontrado em alta concentração no substrato de macrófita (Tabela 1).

A atividade da enzima GPX foi maior no tratamento com *Salvinia auriculata* à 100 mM de NaCl (Figura 2C), e se diferiu do húmus e areia com aumento respectivo de 32% e 30%. Na condição controle (0 mM de NaCl) o tratamento suplementado com *Salvinia auriculata* apresentou acréscimo de 1.093 e 746% em relação a área e ao húmus, respectivamente. Na condição de 50 mM de NaCl os substratos não se diferiram entre si.

As atividades da SOD nas folhas (Figura 2D) não houve diferenciação estatística nos tratamentos suplementados com húmus e *Salvinia auriculata*, contudo as plântulas suplementadas com *Salvinia auriculata* à 50 mM de NaCl apresentaram a maior atividade enzimática de SOD. Quanto à condição de 50 mM de NaCl, o tratamento com *Salvinia auriculata* não se diferenciou estatisticamente do húmus e teve acréscimo de 90% em relação de tratamento com área. À 100 mM de NaCl, o tratamento com *Salvinia auriculata* não demonstrou diferenciação estatística em relação ao húmus e houve acréscimo de 39% em relação à areia.

Os resultados corroboram com Nimir et al. (2015), Lima (2016) e Shetlwy et al. (2018) em que analisando as atividades das enzimas SOD em outros cultivos, observaram maior atividade da SOD com o incremento da salinidade, em comparação as plantas controle.

Os resultados demonstram que, com exceção da enzima CAT, a suplementação com *Salvinia auriculata* ocasionou maiores atividades de APX, GPX e SOD nas folhas, em especial na condição de estresse salino à 100 mM de NaCl. Dentre as enzimas avaliadas nas folhas, a suplementação com *Salvinia auriculata* promoveu aumentos relevantes na atividade da APX e GPX a 100 mM de NaCl, em que foram verificadas atividades na ordem de 20  $\mu\text{mol } H_2O_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$  e 2  $\mu\text{mol } H_2O_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ , respectivamente.

Assim, as plântulas de girassol com tal suplementação apresentaram melhores respostas de defesa ao estresse. Sugere-se que o sistema enzimático antioxidativo tenha se tornado mais eficiente à medida que o estresse se agravou, demonstrando maior eliminação de peróxido de hidrogênio, nas folhas, nas plântulas fertilizadas com *Salvinia auriculata*.

#### 4.3. Atividade enzimática nas raízes

De modo geral, observou-se na Figura 3, que a aplicação do substrato *Salvinia auriculata* modulou diferencialmente para a atividade das enzimas antioxidativas CAT e SOD pelo NaCl nas raízes das plântulas de girassol.

Para atividade da enzima APX (Figura 3A) houve diferença estatística da condição de 100 mM de NaCl em relação ao demais tipos de irrigação, porém a condição de 0 e 50 mM de NaCl não se diferenciaram estatisticamente entre si. Na condição controle (0 mM de NaCl) e na condição de 50 mM de NaCl, não houve diferença estatística entre os substratos. Já para a condição de 100 mM de NaCl, houve acréscimos do tratamento com *Salvinia auriculata* de 606 e 109% em relação à areia e ao húmus comercial, respectivamente.

Quanto à atividade de catalase (Figura 3B), a condição de irrigação que proporcionou maior atividade enzimática foi à 50 mM de NaCl. Junior et al. (2017) e Silva et al. (2018) reportam um aumento para a atividade das enzimas CAT sob condições de estresses abióticos. Na condição controle (0 mM de NaCl) o tratamento com húmus se sobressaiu aos

demais. Para a condição de 50 mM de NaCl, o tratamento com *Salvinia auriculata* se diferenciou estatisticamente dos demais, com incremento de 33% em relação a areia e ao húmus. Já à 100 mM de NaCl, diferentemente do comportamento nas folhas, a atividade da CAT foi melhor expressa no tratamento com *Salvinia auriculata*, este se diferenciou dos tratamentos com areia e húmus, e apresentou aumento de 200 e 72% em relação ao tratamento com areia e húmus, respectivamente.

A enzima GPX (Figura 3C) apresentou maior atividade na condição de irrigação a 100 mM de NaCl, entretanto, os substratos não diferiram entre si. Na condição a 50 mM de NaCl o tratamento suplementado com *Salvinia auriculata* apresentou acréscimo de 59% e 29% em relação à área e ao húmus comercial, respectivamente. A condição controle expressou as menores atividades de GPX e sem diferenciação estatística entre os substratos.

Embora o aumento da concentração de NaCl tenha aumentado progressivamente a atividade de APX, GPX e CAT, a atividade da SOD nas raízes se apresentou relativamente constante, na ordem de 110 U MF/g, sem diferenciação estatística entre os tratamentos (Figura 3D). Isso pode ser justificado devido à SOD ser considerada a primeira enzima envolvida no sistema de defesa das plantas (GONÇALVES, 2017) que catalisa a conversão de  $O_2^-/\cdot HO_2$  a  $H_2O_2$  numa velocidade 1010 vezes mais rápida do que a da dismutação espontânea (DALLAGNOL, 2018), estimulando a ação das demais enzimas analisadas.

#### 4.4. Considerações finais no crescimento e na atividade enzimática nas folhas e raízes

Muitos estudos têm retratado o papel dos mecanismos antioxidantes enzimáticos na proteção contra o estresse oxidativo secundário induzido pela salinidade (JUNIOR et al., 2017; DIAS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019; JUNIOR et al., 2020).

As adubações nitrogenadas têm apresentado resultados atenuantes ao efeito da salinidade (SOUZA et al., 2017). Assim, acredita-se que o fornecimento de nutrientes a partir da suplementação com *Salvinia auriculata* tenha ocasionado maior produção de massa seca assim como a ativação do sistema de defesa antioxidativo das plântulas de girassol. Adicionalmente, por tratar de uma adubação orgânica, promoveu incremento no crescimento das plantas e maior tolerância ao estresse salino (VIMAL et al., 2017).

A cultura do girassol tem demonstrado tolerância à salinidade da água de irrigação com limiar de água com CE de até 3,53 dS  $m^{-1}$  durante todo o ciclo (MORAIS, 2011). Verificou-se que a concentração externa de NaCl igual ou superior a 50 mM pode induzir toxicidade iônica às plântulas de girassol no decorrer do tempo de exposição, corroborando com grande parte das pesquisas publicadas na literatura que reportam que concentrações salinas entre 30-50 dS  $m^{-1}$  e 30-90 mM de NaCl tem afetado negativamente o desenvolvimento de diversas espécies de plantas (OLIVEIRA et al. 2019).

Diante dos aumentos positivos da produção de massa seca e das atividades antioxidativas observados nas raízes e folhas das plântulas suplementadas com *Salvinia auriculata* é notório que os aumentos nas atividades antioxidativas tenham contribuído para minimizar os efeitos deletérios do estresse salino no crescimento das plântulas de girassol.

## 5. CONCLUSÕES

O aumento gradativo das concentrações de NaCl provocou maiores decréscimo na produção de massa seca. De modo geral, houve aumento nas atividades das enzimas antioxidativas, principalmente nas plantas que receberam suplementação com *Salvinia auriculata*. A suplementação com *S. auriculata* ocasionou proteção contra os danos oxidativos do estresse salino e minimizou os efeitos deletérios do estresse salino no crescimento vegetal.

## 6. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, B. M.; VASCONCELOS, D. V.; BOMFIM, G. V.; VIANA, T. V. A.; NASCIMENTO NETO, J. R.; OLIVEIRA, K. M. A. S. Production and yield response factor of sunflower under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 427-433, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p427-433>
- BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, p. 276-287, 1971. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](https://doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8)
- CARMAK, I.; HORST, W. J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max* L.). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 834, p. 463-468, 1991. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1991.tb00121.x>
- CONCEIÇÃO, S. S. **Aclimação de plantas de girassol à salinidade induzida por sílcio**. 82f. Dissertação [Mestrado em Agronomia/Fitotecnia] - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 150-155, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p150-155>
- DALLAGNOL, L. J. **Resistência genética: de plantas a patógenos**. Pelotas: Ed. UFPel, 2018. 276p.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018. <https://doi.org/10.15809/irriga.2018v23n2p220-234>
- DUBEY, R. S. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S. D. (Ed.) **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, 2011. Chapter 9, p. 178-203.
- EMBRAPA\_Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivar de girassol BRS 323**. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1295001/cultivar-de-girassol-brs-323>
- FATMA, M.; ASGHER M.; MASOOD, A.; KHAN, N. A. Excess sulfur supplementation improves photosynthesis and growth in mustard under salt stress through increased production of glutathione. **Environmental and Experimental Botany**, v. 107, p. 55-63, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.05.008>

- FERREIRA, D. F. **Sisvar**. Versão 5.6. Lavras, MG: UFLA/DEX, 2018. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>
- FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh003>
- FILHO, P. G. C.; BUAINAIN, A. M.; BENATTI, G. S. de S. A cadeia produtiva agroindustrial do biodiesel no Brasil: um estudo sobre sua estrutura e caracterização. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 9, p. 772-799, 2019. <https://doi.org/10.24302/drd.v9i0.2252>
- GOMES, K. R.; SOUSA, G. G. de; LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. de; SILVA, G. L. Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 680-693, 2015. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n4p680>
- GONÇALVES, C. G. **Modificações morfológicas, fisiológicas e seletividade da soja a diferentes herbicidas em resposta ao estresse hídrico**. 120f. Tese [Doutorado em Produção Vegetal] – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472p.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS JUNIOR, J. A. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 514-527, 2015. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n3p514>
- GUIMARÃES, R. F. B.; NASCIMENTO, R.; RAMOS, J. G.; LIMA, S. C.; CARDOSO, J. A. F.; MELO, D. F. Acúmulo de fitomassa de cultivares de alface hidropônica submetidas à salinidade. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2141-2151, 2017. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V11N800701>
- KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.57.2.315>
- JARDINI, D. C.; SCARAMUZZA, W. L. M.P.; WEBER, O. L. S.; BORBA FILHO, A. B.; FERNANDES, D. A. Absorção de nutrientes em genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 434-442, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000400011>
- JUNIOR, F. B. da S.; SOUSA, G. G de; SOUSA, J. T. M. de; LESSA, C. I. N., SILVA, F. D. B. da. Salt stress and ambiente on the production of watermelon seedlings. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 518-528, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n224rc>
- JUNIOR, F. H. N.; GONDIM, F. A.; FREITAS, V. S.; BRAGA, B. B.; BRITO, P. O. B. de; MARTINS, K. Crescimento foliar e atividades das enzimas antioxidativas em plântulas de girassol suplementadas com percolado de aterro sanitário e submetidas a estresse hídrico. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 1, p. 71-86, 2017. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1964>
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in Biology and Medicine**. Oxford: Clarendon Press, 1989. 543p.
- HAVIR, E.; McHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalases in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987. <https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450>
- LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS-BÔAS, R. L.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**, v. 12, p. 73-77, 2007. <https://doi.org/10.15809/irriga.2007v12n1p73-82>
- LIMA, N. da S.; MORAIS, M. B.; FRANÇA e SILVA, Ê. F.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. Production and antioxidative metabolism in bell pepper grown with saline water in hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 10, p. 675-680, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p675-680>
- LIMA, N. da S. **Cultivo de pimentão em sistema hidropônico sob estresse salino**. 90f. Tese [Doutorado em Engenharia Agrícola] - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MORAES, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. H.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200010>
- MORAES, D. P.; FERNANDES, A. L. M.; DIAS, N. da S.; COSME, C. R.; SOUZA NETO, O. N. Rejeito salino e solução nutritiva em alface cultivada em sistema hidropônico. **Magistra**, v. 26, p. 353-360, 2014.
- NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant & Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>
- NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, S. M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**, v. 119, n. 1, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw191>
- NIMIR, N.; ZHOU, G. GUOA, W.; MAC, B.; WANGD, Y. Comparative effects of gibberellic acid, kinetin and salicylic acid on emergence, seedling growth and the antioxidant defence system of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) under salinity and temperature stresses. **Crop & Pasture Science**, v. 66, n. 2, p. 145-157, 2015. <https://doi.org/10.1071/CP14141>
- OLIVEIRA, H. M.; OLIVEIRA, J. L. S.; SILVA E. Estresse salino no crescimento e desenvolvimento inicial de espécies vegetais. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 3, p. 20-27, 2019.
- POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 2017. 138p. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/140/118/602>
- RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Growth rates and production of sunflower irrigated with saline water and nitrogen doses. **Irriga**, v. 1, n. 1, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 233-247, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p233-247>

- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000400004>
- SOUSA, F. J. B. de. **Desenvolvimento do girassol ornamental (*Helianthus annuus* cultivar anão de jardim) em substrato com hidrogel irrigado com água salina**. 50f. Dissertação [Mestrado em Ciência do Solo] - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- SOUZA, S. P.; SEABRA, J. E. A.; NOGUEIRA, L. A. H. Feedstocks for biodiesel production: brazilian and global perspectives. **Biofuel**, v. 9, n. 4, p. 455-478, 2017. <https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1278931>
- SOUZA, L. H. B.; PEIXOTO, C. P.; SILVEIRA, P. S.; LEDO, C. A. S.; LIMA, V. P.; SANTOS, A. P. S. G. Características agrônomicas e rendimento de girassol em diferentes épocas de semeadura e populações de plantas no recôncavo da Bahia. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 90-100, 2014.
- SIQUEIRA E SILVA, S. M.; JÚNIOR, I. S. de O.; CAVALCANTE, F. de S.; TAVARES, J. A.; FILHO, J. N. Comportamento de cultivares de girassol em condições de sequeiro no estado de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 24, n. 1, p. 01-08, 2019.
- SILVA, P. V. S. R.; NASCIMENTO, P. dos S. Soil salinity and sunflower development under irrigation with water of different quality. **Gesta**, v. 7, n. 2, p. 255-269, 2019.
- SILVA, J. R. I.; JARDIM, A. L. DA R. F.; NETO, J. B.; LEITE, M. L. DE M. V.; TEIXEIRA, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 11, n. 3, p. 127-139, 2018.
- SILVA, H. H. B. **Uso do peróxido de hidrogênio na aclimação do manjeriço ao estresse salino**. 79f. Dissertação [Mestrado em Engenharia Agrícola] - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.
- SHETLWY, H.; AN, J.; YIN, M.; JIA, X. Cold plasma treatment and exogenous salicylic acid priming enhances salinity tolerance of *Oryza sativa* seedlings. **Protoplasma**, v. 256, n. 1, p.1-20, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1279-0>
- TRAVASSOS, K. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; BARROS, H. M. M.; DIAS, N. da S.; UYEDA, C. A.; da SILVA, F. V. Development of different varieties of sunflower irrigated with saline water. **Irriga**, Edição Especial, p. 324 - 339, 2012.
- VIMAL, S. R.; SINGH, J. S.; ARORA, N. K.; SINGH, S.; Soil-Plant-Microbe Interactions in Stressed Agriculture Management: A Review. **Pedosphere: An International Journal**, v. 27, n. 2, p. 177-192, 2017. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60309-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60309-6)
- WALTER, J.; LÜCK, E.; BAURIEGEL, A.; FACKLAM, M.; ZEITZ, J. Seasonal dynamics of soil salinity in peatlands: A geophysical approach. **Geoderma**, v. 310, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.022>

**Agradecimentos**

À FUNCAP pela concessão de bolsa de pesquisa.

**Contribuições dos Autores:**

J.N.S. - Conceituação, Aquisição de financiamento, Metodologia, Investigação ou coleta de dados, Análise estatística, Administração ou supervisão, Redação (esboço original); P.O.B; G.F.M. e J.F.A. - Metodologia, Investigação ou coleta de dados, Análise estatística, Administração ou supervisão, Validação, Redação (Revisão e edição). F.A.G. - Conceituação, Aquisição de financiamento, Metodologia, Investigação ou coleta de dados, Análise estatística, Administração ou supervisão, Validação, Redação (Revisão e edição);

Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

**Financiamentos:**

FUNCAP

**Revisões e/ou comitês institucionais:**

Não Aplicável.

**Comitê de Ética da área:**

Não Aplicável.

**Disponibilização de dados:**

Os dados desse estudo podem ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente ou ao primeiro(a) autor(a), via e-mail. Não está disponível em sites, pois o projeto de pesquisa ainda está em desenvolvimento. Email: (janacinta.nogueira@gmail.com)

**Conflito de interesse:**

Os autores declaram que não existem conflitos de interesses.