

Câmpus  
Ipameri



Universidade  
Estadual de Goiás



**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO À SALINIDADE  
EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO SILICATADA**

**CAMILA LARIANE AMARO**

**MESTRADO**

**Ipameri-GO  
2018**

**CAMILA LARIANE AMARO**

**TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO À  
SALINIDADE EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO SILICATADA**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos Matos

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri  
2018

A485t Amaro, Camila Lariane  
Tolerância de Plantas de Pinhão Manso à Salinidade em Resposta a  
Adubação Silicatada / Camila Lariane Amaro; orientador Fábio Santos  
Matos. -- Ipameri, 2018.  
29 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado  
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Câmpus-Ipameri, Universidade  
Estadual de Goiás, 2018.

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia. 3. Produção Vegetal. I. Matos,  
Fábio Santos , orient. II. Título.



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO À SALINIDADE EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO SILICATADA”**

**AUTORA:** Camila Lariane Amaro

**ORIENTADOR:** Fábio Santos Matos

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

*Fábio Santos Matos*

Prof. Dr. FÁBIO SANTOS MATOS  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

*Gisele Carneiro da Silva Teixeira*

Profª. Dra. GISELE CARNEIRO DA SILVA TEIXEIRA  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Posse-GO

*José Cloviane de O. Freitas*

Profª. Dra. JOSIE CLOVIANE DE OLIVEIRA FREITAS  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Posse-GO

Data da realização: 23 de fevereiro de 2018



Aos meus pais Luiz e Dora por todo apoio, amor, carinho e acreditarem no meu potencial. À minha irmã LÍlian por toda força, amor e companheirismo. Aos meus avós Regina (*in memoriam*) e Jesus com sua simplicidade e humildade sempre torcendo por minhas conquistas.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por toda fé e perseverança em superar todas dificuldades.

Aos meus pais Luiz e Dora por não medirem esforços, mas principalmente à minha mãe que conviveu dia a dia de perto com as dificuldades, pelo apoio incondicional e mostrando o lado bom de todas experiências.

À minha irmã Lílian e ao meu cunhado Valdernir por sonharem comigo e torcerem pelo sucesso.

Aos demais familiares que compartilharam dessa trajetória.

Aos amigos de longa data Andriella, Ana Alves, Ana Cláudia, Lorena, Pollyana, Isabella, Gabriella e João pelos risos, choros e apoio.

Às amigas Priscilla e Patrícia por todos ensinamentos no início do mestrado e que se tornaram grandes companheiras para a vida.

Ao amigo Diego, um anjo que surgiu em minha vida. O meu muito obrigada por toda parceria em todas as horas até a conclusão deste trabalho, pelas horas de estudo e principalmente amizade e carinho.

Ao amigo Edilson por ser essa pessoa maravilhosa comigo e do coração enorme, por todas horas de conversas, desabafos, alegrias, apoio e parceira.

E àqueles que não chegaram à minha vida por acaso: Luciano, Raphael, Ana Flávia e Marcos, vocês têm feito meus dias muito felizes com todo apoio, positividade, carinho e companheirismo.

Ao meu orientador Dr. Fábio Santos Matos pela oportunidade concedida em trabalhar no Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Produção Vegetal, por todas contribuições e horas dedicadas à realização deste trabalho e principalmente meu crescimento profissional.

A todos integrantes do Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Produção Vegetal, que durante muito tempo tornou-se minha segunda casa, agradeço por todo o apoio e auxílio em todas análises e atividades realizadas com todos que convivi durante minha trajetória.

Ao apoio da Dra. Liana Rossato e receptividade da Dra. Carolina Muller na realização de análises bioquímicas no Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde – GO e análises nutricionais realizadas no laboratório da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – RS).

À Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e principalmente à secretária Aparecida Vaz por toda presteza e atenção. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela concessão de bolsa de estudos.

A todas pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1 Desenho Experimental</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2 Variáveis de Crescimento</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3 Transpiração e Teor Relativo de Água (TRA)</b> .....	<b>5</b>
<b>3.4 Pigmentos Fotossintéticos</b> .....	<b>5</b>
<b>3.5 Variáveis Bioquímicas</b> .....	<b>5</b>
<b>3.6 Análise Nutricional</b> .....	<b>6</b>
<b>3.7 Procedimentos Estatísticos</b> .....	<b>7</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>8</b>
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>15</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>16</b>

## RESUMO

Os longos períodos de estiagem e a irregularidade de precipitações tornam a irrigação prática cada vez mais indispensável para assegurar a produção agrícola. Entretanto, as intensas atividades antrópicas têm comprometido os recursos hídricos fazendo com que a utilização de águas de qualidade inferior, em geral salinas, se torne realidade. A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento e a produtividade de plantas. Sendo assim, a adubação silicatada apresenta-se como alternativa viável e benéfica às plantas sob estresses abióticos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação silicatada no crescimento de plantas de pinhão manso sob estresse salino. O trabalho foi realizado sob bancada em casa de vegetação na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri. O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x5 (plantas irrigadas com água salina de condutividades elétricas iguais a 0 dS m<sup>-1</sup>; 2 dS m<sup>-1</sup>; 4 dS m<sup>-1</sup>; 6 dS m<sup>-1</sup> e 8 dS m<sup>-1</sup> e ausência ou presença de adubação silicatada (1 g L<sup>-1</sup> de Bugram Protect RSO 380), cinco repetições e uma unidade experimental. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram obtidos com o uso de condutivímetro de bancada através da calibração da solução de cloreto de sódio (NaCl) aplicada na irrigação a partir dos 80 dias após a emergência (DAE). A quantidade de água aplicada nos vasos foi determinada seguindo recomendações de Padilha et al. (2016). As adubações silicatada foram realizadas aos 80 e 95 DAE e cada planta recebendo 30 mL da solução com auxílio de um borrifador manual. As avaliações foram realizadas aos 130 DAE com as respectivas análises: altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, transpiração, teor relativo de água, pigmentos fotossintéticos, açúcar solúvel total, biomassa total, análises bioquímicas e nutricionais. Os dados foram avaliados pelo teste de Newman-Keuls e análise de regressão. A utilização de silício não minimizou os efeitos deletérios da salinidade em plantas de pinhão manso. O crescimento vegetativo das plantas de pinhão manso foi afetado significativamente pela salinidade da água de irrigação. O aumento das concentrações de Ca<sup>2+</sup> reduziram a toxicidade iônica e promoveram incremento na atividade de enzimas antioxidantes em plantas de pinhão manso na tolerância ao estresse salino

**Palavras-chave:** Biodiesel; Estresse abiótico; Enzimas antioxidantes; *Jatropha curcas* L.; Silício



## ABSTRACT

The long periods of drought and the irregularity of precipitation make practical irrigation more and more indispensable to ensure agricultural production. However, the intense anthropic activities have compromised the water resources, making the use of water of inferior quality, in general saline, become a reality. Salinity is one of the abiotic stresses that most limits plant growth and productivity. Thus, silicate fertilization is a viable and beneficial alternative to plants under abiotic stresses. The objective of this work was to evaluate the effect of silicate fertilization on the growth of *Jatropha* plants under saline stress. The work was carried out under a greenhouse at the State University of Goiás, Ipameri Campus, Brazil. The experiment was set up in a completely randomized design in a 2x5 factorial arrangement (plants irrigated with saline water with electrical conductivities equal to 0 dS m<sup>-1</sup>; 2 dS m<sup>-1</sup>; 4 dS m<sup>-1</sup>; 6 dS m<sup>-1</sup> and 8 dS m<sup>-1</sup> and absence or presence of silicate fertilizer (1 g L<sup>-1</sup> of Bugram Protect RSO 380), five replicates and one experimental unit. The electrical conductivity levels of the irrigation water were obtained with the use of a benchtop conductivity meter through the calibration of the chloride solution (NaCl) applied to the irrigation from 80 days after emergence (DAE). The amount of water applied to the vessels was determined following the recommendations of Padilha et al. (2016). Silica fertilizations were performed at 80 and 95 DAE and each plant received 30 mL of the solution with the aid of a manual sprayer. 130 DAE with the respective analyzes: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, transpiration, relative water content, photosynthetic pigments, total soluble sugar, total biomass, biochemical and nutritional analyzes. The data were evaluated by the Newman-Keuls test and regression analysis. The use of silicon did not minimize the deleterious effects of salinity on *Jatropha* plants. The vegetative growth of the *Jatropha* plants was significantly affected by the salinity of the irrigation water. The increase in Ca<sup>2+</sup> concentrations reduced ionic toxicity and promoted an increase in the activity of antioxidant enzymes in *Jatropha* plants in tolerance to salt stress

**Key-words:** Biofuel; Abiotic stress; Antioxidant enzymes; *Jatropha curcas* L.; Silicon

## 1. INTRODUÇÃO

O aquecimento global resultante da intensificação do efeito estufa em decorrência das atividades antrópicas tem comprometido os recursos naturais e apontado para a necessidade imediata da adoção de medidas de redução dos danos causados ao meio ambiente. Os biocombustíveis oriundos de óleo vegetal, especificamente biodiesel, torna-se alternativa à atual matriz energética mundial, remetendo-se ao uso de produtos energéticos mais limpos, sustentáveis e geradores de riqueza (MOTA e MONTEIRO, 2013).

O interesse pelo cultivo de plantas oleaginosas intensificou-se a partir da implantação do Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel no Brasil, no entanto, o programa é alicerçado em uma única matéria-prima, a soja, com participação de 77,7 % de todo óleo vegetal destinado a produção de biodiesel (ANP, 2016). As fontes renováveis correspondem a 43,8% de toda a matriz energética brasileira, porém, a energia hidráulica continua sendo a mais importante respondendo a 67,9% no ano de 2017, percentual inferior ao ano de 2016 (68,6%), redução compensada com a participação de 6,5% de fontes eólicas e 9% de biomassa (MME, 2017). Existe, portanto, a necessidade de diversificar as fontes de matéria-prima para a produção de biodiesel por meio da introdução de espécies promissoras como *Jatropha curcas* L., popularmente conhecida como pinhão manso (SIMÕES et al., 2014).

O pinhão manso é uma espécie oleaginosa perene originária da América Central pertencente à família Euphorbiaceae (FERNANDES et al., 2013). Trata-se de uma importante opção agrícola de muitas utilidades, pois apresenta usos na medicina tradicional humana e animal, como produção de sabão, cosméticos, fármacos devido atividades antimicrobianas, anticancerígenas e anti-inflamatórias do látex e sobretudo pelas sementes oleaginosas com 22 a 42% de teor de óleo de excelente qualidade físico-química, o que tem despertado grande interesse comercial pela espécie (CHAVES et al., 2013; MATOS et al. 2014a; MATOS et al., 2017).

O pinhão manso é considerado uma espécie xerófita resistente às condições de seca, porém é presumível que a máxima produtividade e crescimento sejam obtidos com o adequado fornecimento de água, e diante a escassez de água de boa qualidade em inúmeros reservatórios fluviais brasileiros, o uso da água salina pode ser importante alternativa para a irrigação da cultura (MATOS et al., 2012).

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento e a produtividade das plantas cultivadas, com reflexos negativos na germinação de sementes (ALVES et al., 2013), atributos biométricos de crescimento (VIANA et al., 2013), teores de

pigmentos fotossintéticos foliares (FREIRE et al.,2013), transpiração (SOUSA et al.,2014), produção e qualidade de frutos (FREIRE et al., 2010). Atribui-se esses efeitos ao acúmulo de íons tóxicos no protoplasma, principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , causando desordens iônicas, nutricionais e déficit hídrico devido à osmolaridade da solução do solo que resulta em seca fisiológica às plantas (ALVES et al., 2011; HASEGAWA et al., 2013).

A tolerância das plantas à salinidade varia em função da espécie vegetal, estágio fenológico da planta, concentração de sais, intensidade do estresse, características dos genótipos, balanço nutricional e mecanismos enzimáticos que permitem sobreviver em condições altamente salinas (NEVES et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2010).

A utilização agronômica de silício (Si) apresenta-se como alternativa viável e benéfica às plantas sob estresses bióticos e/ou abióticos, sendo as principais respostas às culturas: resistência às pragas e doenças; tolerância à toxicidade por metais pesados; tolerância a estresse hídrico e salino e sobretudo o aumento da produtividade (MARAFON e ENDRES, 2013).

O elemento Si tem papel relevante nas relações planta-ambiente, sendo considerado um elemento antiestressante, fornecendo a algumas culturas melhores condições para suportar adversidades edafoclimáticas e biológicas, obtendo como resultado final aumento de produção por meio de uma série de ações no metabolismo das plantas que possuem capacidade de absorvê-lo nos tecidos vegetativos (LIMA FILHO, 2009; DEMATTÊ et al., 2011). Trabalhos desenvolvidos utilizando fontes de Si, proporcionaram incrementos positivos em plantas de *Zea mays* L. em estresse salino, sob as variáveis de crescimento de *Moringa oleifera* Lam. e melhorias na qualidade da fibra de *Gossypium hirsutum* L. (LIMA et al., 2011; HUSSEIN e ABOU-BAKER, 2014; GAMA et al., 2016).

As intensas ações antrópicas sob os recursos hídricos e a crescente expansão da produção agrícola fazem com que a utilização de água de qualidade inferior, em geral salina, se torne uma prática necessária. Sendo assim, numerosos estudos mostram que o Si constitui uma alternativa eficaz para melhorar a resistência a estresses abióticos e bióticos em diversas culturas (CARVALHO et al., 2013; SHI et al., 2016).

## **2. OBJETIVO**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação silicatada nas características morfofisiológicas, bioquímicas e nutricionais de plantas de pinhão manso sob estresse salino.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Desenho Experimental

O trabalho foi realizado sob bancada em casa de vegetação na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri (Lat. 17° 43' 19'' S, Long. 48° 09' 35'' W, Alt. 773 m), Ipameri, Goiás, Brasil. O experimento foi conduzido em vasos de oito litros com substrato contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. A análise química da mistura revelou os seguintes valores: pH(CaCl<sub>2</sub>) 6,5; 21 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; 22,5 mg dm<sup>-3</sup> de P; 0,55 cmolc dm<sup>-3</sup> de K (Mehlich-1); 2,4 cmolc dm<sup>-3</sup> (Tampão SMP) de H + Al; 1,8 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,8 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 9,7 mg dm<sup>-3</sup> de Zn; 3,12 cmolc dm<sup>-3</sup> de SB; 5,32 cmolc dm<sup>-3</sup> de CTC; e 59,62% de saturação por bases. Após a análise da composição da mistura a adubação foi realizada aos sete dias após a emergência (DAE) de acordo com recomendações agronômicas para a cultura do pinhão-manso (DIAS et al., 2007; LAVIOLA e DIAS, 2008; MATOS et al., 2014b).

O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5x2 (plantas irrigadas com água salina de condutividades elétricas iguais a 0 dS m<sup>-1</sup>; 2 dS m<sup>-1</sup>; 4 dS m<sup>-1</sup>; 6 dS m<sup>-1</sup> e 8 dS m<sup>-1</sup> e ausência ou presença de adubação silicatada de 1 g L<sup>-1</sup>), cinco repetições e uma unidade experimental. A fonte de silício utilizada foi de 100% silicato do produto comercial Bugram Protect RSO 380. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram obtidos com o uso de condutivímetro de bancada através da calibração da solução de cloreto de sódio (NaCl) aplicada na irrigação a partir dos 80 DAE. A quantidade de água aplicada nos vasos foi determinada utilizando-se a pesagem dos vasos, em que o solo foi saturado com água e quando os vasos atingiram peso constante obteve-se o peso que correspondia à capacidade de campo seguindo recomendações de Padilha et al. (2016). As adubações silicatada foram realizadas aos 80 e 95 DAE e cada planta recebendo 30 mL da solução com auxílio de um borrifador manual. As avaliações foram realizadas aos 130 DAE com as respectivas análises: altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, biomassa total, transpiração, teor relativo de água, pigmentos fotossintéticos, análises bioquímicas e nutricionais.

#### 3.2 Variáveis de Crescimento

O número de folhas, altura de planta e diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro digital. A área foliar foi obtida a partir das mensurações da largura (L) e comprimento (C) de todas as folhas seguindo, sendo os dados substituídos na seguinte equação:  $AF = 0,80 * C * L^{0,99}$ , seguindo as recomendações de Severino et al. (2007).

As análises destrutivas foram realizadas quando raízes, caule e folhas foram separados e colocados em estufa à 72° C para secagem até atingirem massa seca constante, em seguida, pesados e calculado a biomassa total.

### 3.3 Transpiração e Teor Relativo de Água (TRA)

A transpiração diária total da planta foi estimada pela diferença da massa dos vasos. Inicialmente cada vaso foi inserido dentro de um saco plástico fixado com borracha no caule da planta, ficando apenas a parte aérea (folhas e caule) externa ao saco, em seguida, o conjunto vaso com planta e saco plástico foram pesados às 12:00 h (massa 01) e 24 horas depois novamente pesados (massa 02). A transpiração total foi estimada pela diferença entre a massa 01 e massa 02 (DOS ANJOS et al., 2017).

O teor relativo de água nas folhas foi obtido com a retirada de dez discos foliares de 7 mm de diâmetro cada, que foram pesados e saturados em placas de Petri com água destilada por quatro horas. Em seguida, foram pesados e colocados para secar à temperatura de 70°C por 72 horas. Após a obtenção dos dados de massa seca o TRA foi obtido utilizando a seguinte equação:

$$TRA = \frac{\text{massa fresca} - \text{massa seca}}{\text{massa túrgida} - \text{massa seca}} \times 100$$

### 3.4 Pigmentos Fotossintéticos

Para avaliação dos pigmentos fotossintéticos, foram retirados dois discos foliares de 9 mm macerados em almofariz com aproximadamente 100 mg de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e 5 mL de acetona 80%. A extração foi realizada em ambiente com luz verde. O extrato foi filtrado e ajustado o volume para 25 mL em balão volumétrico. As alíquotas foram lidas em espectrofotômetro a 470nm, 646,8nm e 663,2nm. Os conteúdos de clorofilas totais e carotenoides foram determinados seguindo recomendações de Lichthenthaler (1987).

### 3.5 Variáveis Bioquímicas

As avaliações bioquímicas foram realizadas utilizando amostras da terceira folha completamente expandida a partir do ápice. Para a quantificação das enzimas antioxidantes, aproximadamente um grama de material vegetal foi homogeneizado em 3 ml de solução tampão de fosfato de sódio (0,05M, pH 7,8, EDTA 1 mM e PVP 2% p/v). O homogeneizado foi centrifugado a 13 000 x g por 20 min a 4<sup>0</sup> C. O sobrenadante (extrato bruto) foi utilizado para determinar a atividade enzimática e o teor de proteína (ZHU et al., 2004).

A atividade da catalase (CAT) foi determinada conforme Aebi (1984). Alíquotas de 30  $\mu\text{l}$  do extrato bruto foram adicionados a solução de reação (tampão fosfato de potássio 15 mM, pH 7,0,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ). A atividade foi monitorada até desaparecimento do  $\text{H}_2\text{O}_2$  medindo a absorvância a 240 nm.

A atividade da peroxidase de guaiacol (POD) foi determinada de acordo com Zeraik et al. (2008), utilizando guaiacol como substrato. Alíquota de 50  $\mu\text{l}$  do extrato bruto foi adicionado a 1,0 mL da solução de reação (tampão fosfato de potássio, 100 mM, pH 6,5; 1,0 mL de guaiacol 15 mM e 1,0 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  3 mM). A atividade enzimática foi medida por oxidação de guaiacol em tetraguaiacol pelo aumento na absorvância a 470 nm. O coeficiente de extinção molar de  $26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  foi utilizado para o cálculo.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi medida de acordo com o método espectrofotométrico descrito por Giannopolitis e Ries (1977). Alíquota de 100  $\mu\text{l}$  do extrato bruto foi adicionado à solução de reação (tampão de fosfato de potássio 50 mM, pH 7,8; metionina 13 mM, riboflavina 2  $\mu\text{M}$ , azul de nitro-tetrazólio 75  $\mu\text{M}$  e EDTA 0,1 mM). A atividade enzimática foi estimada conforme, Beauchamp e Fridovich (1971) e expressa por proteína.

O conteúdo de proteínas solúveis totais foi determinado a partir de 25  $\mu\text{L}$  de extrato bruto misturados a solução de reação (Coomassie Blue G 250 preparado com ácido ortofosfórico e etanol). A leitura foi realizada em espectrofotômetro, a 595 nm (BRADFORD, 1976).

Para a análise dos açúcares, aproximadamente 200 mg de tecido foliar foi imerso em etanol 80 % e aquecido a 65 °C por 30 minutos em banho Maria. O extrato foi centrifugado e o sobrenadante coletado em novo tubo. Realizou-se três lavagens do material vegetal para obtenção do extrato final. O extrato etanólico foi utilizado para determinação dos açúcares solúveis totais, redutores e não redutores. A determinação dos teores de açúcares foi realizada utilizando espectrofotômetro.

Para a quantificação de açúcares solúveis totais foi empregado o método fenol-sulfúrico com leitura realizada ao comprimento de onda de 490 nm (DUBOIS et al., 1956), utilizando uma curva padrão de sacarose. Os açúcares redutores foram determinados conforme método do ácido dinitrosalicílico segundo recomendações de Miller (1959), com leitura em comprimento de onda de 540 nm e utilizando uma curva padrão de glicose. Os açúcares não redutores foram estimados pelas diferenças entre os teores de açúcares solúveis totais e redutores.

### **3.6 Análise Nutricional**

As folhas de cada unidade experimental foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa a 65°C, até atingir peso constante. Em seguida, determinou-se a matéria seca de folhas usando balança digital. As folhas foram moídas, preparadas e submetidas à digestão nitroperclórica, e no extrato determinado Zn, Fe, K, Mg e Ca, por espectrofotometria de absorção atômica e por colorimetria foi determinado o P (TEDESCO et al., 1995). Para a concentração de Cl e Na um grama de material vegetal seco foi digerido em água ultrapura sob banho Maria a 80°C durante 15 min. As amostras foram filtradas e a concentração dos nutrientes foi estimada através de ICP-OES (Espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado). Para a análise de Si utilizou-se 0,1g do material vegetativo seco (folhas), colocados em tubos plásticos, seguido do acréscimo de 2mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> p.a (30%) e 3mL de HCl (1:1) para digestão. Uma alíquota de 5mL do sobrenadante foi retirada dos tubos e colocada em copos plásticos. Em seguida acrescentaram-se 15mL de água destilada, 1mL de HCl (1:1) e 2mL de molibdato de amônio, seguido de uma leve agitação apresentando coloração amarelada. Depois de 5 a 10 minutos, adicionou-se 2mL de ácido oxálico, procedendo-se novamente uma leve agitação e leitura feita em espectrofotômetro no comprimento de onda de 410nm, seguindo a metodologia descrita por Kondörfer et al (2004).

### **3.7 Procedimentos Estatísticos**

As variáveis foram submetidas à análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 (níveis de condutividade elétrica x adubação silicatada) e cinco repetições. As diferenças entre os tratamentos foram analisadas utilizando o teste de Newman-Keuls. Adicionalmente, realizou-se a análise de regressão linear e quadrática com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). As análises estatísticas e a construção dos gráficos de regressão foram conduzidas utilizando os softwares R 3.4 (R CORE TEAM, 2017) e SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).



#### 4. RESULTADOS

A salinidade da água de irrigação interferiu significativamente no diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e transpiração (Tabela 1), biomassa total, Si e Na (Tabela 2), Ca, Zn e Cl (Tabela 3) e CAT, AR e ANR (Tabela 4). Apenas a variável ascorbato peroxidase (APX) apresentou interação significativa entre adubação silicatada e níveis de salinidade (Tabela 4).

**Tabela 1.** Análise de variância e teste de média para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), teor relativo de água (TRA) e transpiração (*E*) em plantas de pinhão-mansão irrigadas com água salina e adubadas com silício. Ipameri, Goiás.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		AP (cm)	DC (mm)	NF	AF (m <sup>2</sup> )	TRA (%)	<i>E</i> (g H <sub>2</sub> O dia <sup>-1</sup> )
Silício	1	46,08 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	1956,25 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	82,53 <sup>ns</sup>	873,62 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	33,92 <sup>ns</sup>	6,80 <sup>**</sup>	1036,77 <sup>**</sup>	4,80 <sup>**</sup>	144,08 <sup>ns</sup>	78016,33 <sup>**</sup>
Si*Sal	4	33,98 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	395,32 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	196,56 <sup>ns</sup>	793,97 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	24,40	1,81	25,30	0,78	176,09	1029,57
CV (%)		7,98	3,81	11,48	11,31	17,54	16,00
<b>Tratamentos</b>		<b>Médias</b>					
Sem Silício		62,88a	35,24a	40,08 <sup>a</sup>	2,95a	74,38a	124,44a
Com Silício		60,96a	35,54a	37,57 <sup>a</sup>	2,81a	76,95a	116,08a
		<b>Regressão</b>					
Linear		ns	*	ns	ns	ns	*
Quadrática		ns	ns	ns	ns	ns	ns

\*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

**Tabela 2.** Análise de variância e teste de média para clorofila total (Cl *a+b*), carotenoides (Car), biomassa total (BT), silício (Si) e sódio (Na) em plantas de pinhão-mansó irrigadas com água salina e adubadas com silício. Ipameri, Goiás.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Cl <i>a+b</i> (g Kg <sup>-1</sup> )	Car (g Kg <sup>-1</sup> )	BT (g)	Si (%)	Na (mg L <sup>-1</sup> )
Silício	1	1,41 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	35,33 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	163,84 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,97 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	11784,49 <sup>**</sup>	0,18 <sup>**</sup>	12281,02 <sup>**</sup>
Si*Sal	4	4,66 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	22,96 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	63,85 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	0,45	0,014	52,40	0,05	62,43
CV(%)		12,24	9,71	4,79	17,90	12,63
Tratamentos		Médias				
Sem Silício		5,31a	1,21a	151,96a	1,26a	60,76a
Com Silício		5,65a	1,23a	150,28a	1,31a	64,38a
		Regressão				
Linear		ns	ns	*	ns	**
Quadrática		ns	ns	ns	ns	ns

\*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

**Tabela 3.** Análise de variância e teste de média para fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e cloro (Cl) do tecido foliar de plantas de pinhão-mansó irrigadas com água salina e adubadas com silício. Ipameri, Goiás.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		P (g Kg <sup>-1</sup> )	Ca (g Kg <sup>-1</sup> )	Mg (g Kg <sup>-1</sup> )	Fe (g Kg <sup>-1</sup> )	Zn (g Kg <sup>-1</sup> )	Cl (mg g <sup>-1</sup> )
Silício	1	0,02 <sup>ns</sup>	11,02 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,01 <sup>ns</sup>	46,34 <sup>**</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>**</sup>	4,63 <sup>**</sup>
Si*Sal	4	0,02 <sup>ns</sup>	9,98 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	0,02	4,93	0,67	0,24	0,20	0,31
CV(%)		10,78	10,09	18,92	16,70	8,51	14,86
Tratamentos		Médias					
Sem Silício		1,39a	21,53a	4,27 <sup>a</sup>	2,74a	5,37a	3,94a
Com Silício		1,35a	22,47a	4,40 <sup>a</sup>	3,09a	5,17a	3,63a
		Regressão					
Linear		ns	ns	ns	ns	ns	*
Quadrática		ns	*	ns	ns	ns	ns

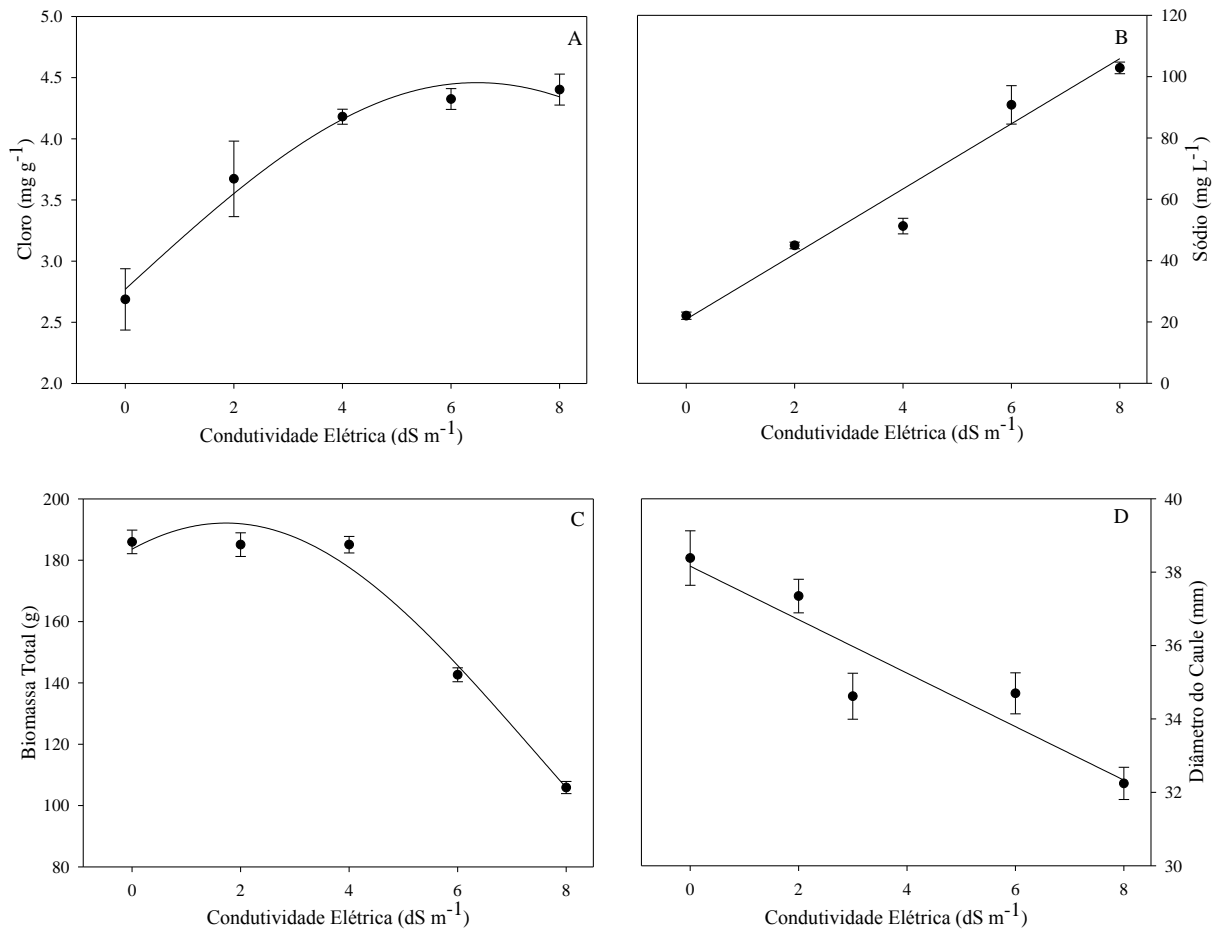
\*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

**Tabela 4.** Análise de variância e teste de média para ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), proteína (PRO), açúcar redutor (AR) e açúcar não redutor (ANR) de tecido foliar de plantas de pinhão-manso irrigadas com água salina e adubadas com silício. Ipameri, Goiás.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		APX	CAT	SOD	PRO	AR	ANR
Silício	1	0,006**	0,13 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,019**	1,09**	0,13 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,74**	1,52**
Si*Sal	4	0,004**	0,08 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	0,008	0,11	0,08	0,20	0,01	0,01
CV(%)		14,96	7,82	9,83	8,51	9,38	12,70
Tratamentos		Médias					
Sem Silício		0,20a	1,31 <sup>a</sup>	2,93a	5,37a	0,81a	0,77a
Com Silício		0,18b	1,41 <sup>a</sup>	3,04a	5,17a	0,97a	0,82a
		Regressão					
Linear		*	**	ns	ns	ns	ns
Quadrática		ns	ns	ns	ns	ns	ns

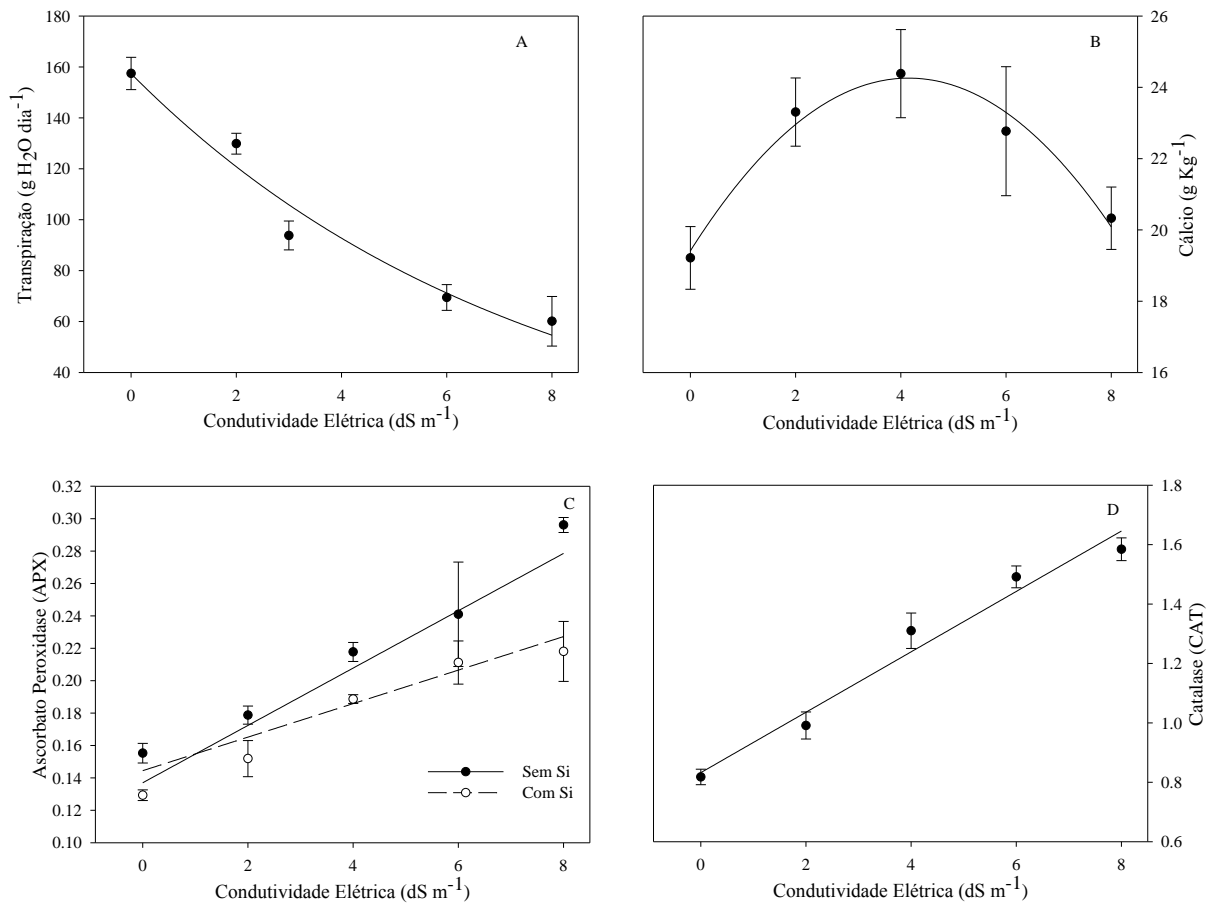
\*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

Os dados referentes à análise de regressão para cloro, sódio, biomassa total e diâmetro do caule encontram-se na Figura 1. Não houve diferença significativa quanto a adubação silicatada e, por isso, foram processados os dados médios. O cloro e a biomassa total obtiveram ajustes significativos quadráticos em relação a salinidade da água de irrigação com pontos máximos correspondentes a 8 dS m<sup>-1</sup> e 2 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. O teor de sódio e diâmetro do caule foram ajustados utilizando o modelo linear de regressão com aumento de 10, 62 mg L<sup>-1</sup> e redução de 0,72 mm, respectivamente, para cada incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).



**Figura 1.** Equações de regressão para cloro “A” ( $y = 4,45 + 6,63x + 6,47x^2$ ;  $R^2 = 0,98^*$ ), sódio “B” ( $y = 20,08 + 10,62x$ ;  $R^2 = 0,93^{**}$ ), biomassa total “C” ( $y = 192,11 + 5,74x - 1,72x^2$ ;  $R^2 = 0,97^*$ ) e diâmetro do caule “D” ( $y = 38,16 - 0,72x$ ;  $R^2 = 0,89^*$ ) para plantas de pinhão manso irrigadas com água salina e submetidas a adubação silicatada. \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os resultados da análise de regressão para as variáveis transpiração, cálcio, ascorbato peroxidase e catalase encontram-se na Figura 2. O teor de cálcio obteve ajuste significativo quadrático em relação ao aumento das concentrações salinas com ponto máximo correspondente a 4 dS m<sup>-1</sup>. A transpiração obteve ajuste significativo linear com a redução 0,13 g H<sub>2</sub>O dia<sup>-1</sup> e as atividades das enzimas ascorbato peroxidase e catalase obtiveram ajuste significativo linear com aumento de 0,01 μmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mm<sup>-1</sup> de proteína e 0,11 μmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mm<sup>-1</sup> de proteína, respectivamente para cada incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.



**Figura 2.** Equações de regressão para transpiração “A” ( $y = 157,39 - 0,13x$ ;  $R^2 = 0,97^{**}$ ), cálcio “B” ( $y = 19,41 + 2,33x - 0,28x^2$ ;  $R^2 = 0,97^{**}$ ), ascorbato peroxidase “C” (Sem Si  $y = 0,13 + 0,01x$ ;  $R^2 = 0,86^{**}$ ; Com Si  $y = 0,14 + 0,01x$ ;  $R^2 = 0,87^{**}$ ) e catalase “D” ( $y = 0,77 + 0,11x$ ;  $R^2 = 0,86^{**}$ ) para plantas de pinhão manso irrigadas com água salina e submetidas a adubação silicatada. \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

## 5. DISCUSSÃO

O uso de silício (Si) na agricultura é apontado como uma ferramenta de tolerância de espécies aos estresses abióticos, particularmente o estresse salino. No entanto, no presente estudo a adubação silicatada não apresentou efeitos benéficos às plantas de pinhão manso sob estresse salino. A baixa taxa de absorção de Si observada é um indicativo que a espécie é ineficiente em absorver este elemento quando suprido via foliar, apresentando teores comparáveis aos de outras espécies de plantas reconhecidas como não acumuladoras, possivelmente em decorrência dos efeitos negativos da água salina de irrigação e/ou a dosagem utilizada não foi suficiente para absorção deste nutriente em plantas de pinhão manso.

O Si quando acumulado nos tecidos vegetais provoca a formação de uma dupla camada sílica cuticular, a qual, reduz a concentração de sais na planta devido a diminuição da transpiração, a exigência de água se torna menor e aumenta o metabolismo antioxidante das plantas (NASCIMENTO et al., 2014). Em trabalhos realizados com pinhão manso sob déficit hídrico, milho e girassol também não foi observado resultados benéficos deste nutriente no crescimento destas espécies (DOS ANJOS et al., 2017; FREITAS et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

As plantas de pinhão manso apresentaram crescimento vegetativo significativamente comprometido com o aumento da condutividade elétrica da solução de água de irrigação. O estresse hídrico induzido pelo efeito osmótico proporcionou alterações morfofisiológicas nas plantas, nas quais a redução da abertura estomática limitando a perda de água via transpiração dificulta o influxo de CO<sub>2</sub>, diminuindo a atividade fotossintética e conseqüentemente no menor acúmulo de biomassa. A redução da biomassa total em condições de estresse salino é comum em várias espécies e requerem maior gasto energético para preservação do metabolismo celular, assegurando a sobrevivência nestas condições (SOUZA et al. 2015).

As plantas desenvolveram mecanismos de tolerância e a inter-relação do Ca<sup>2+</sup> e peróxido de Hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pode estar envolvida no desenvolvimento de plantas a determinado estresse ambiental. Quando os teores de Ca<sup>2+</sup> aumentam, estes amenizam os efeitos tóxicos do excesso de sais da água de irrigação e causa uma eficiente desintoxicação do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pois envolve o incremento dos níveis das enzimas antioxidantes, aumentando a tolerância de plantas de pinhão manso ao estresse salino e reafirma a importância desse nutriente como mensageiro secundário, na manutenção seletiva de K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> nos tecidos fotossintetizantes e amenizador dos efeitos causados por estresse salino (SCHOSSLER et al., 2012; WEI et al., 2014; TAIZ e ZEIGER, 2017).

A aclimação de plantas de pinhão manso ao estresse salino incrementou a atividade de enzimas antioxidantes que, possivelmente, contribuíram para a eliminação mais eficiente de espécies reativas de oxigênio (EROs) extremamente tóxicas aos vegetais (GILL et al., 2013; BARBOSA et al., 2014).

O aumento de atividade enzimáticas, destacando SOD, APX e CAT, apresenta grande importância por catalisar a decomposição de  $H_2O_2$  e atuarem como indicadores de tolerância ao estresse salino (BHATT e TRIPATHI, 2011; KARUPPANAPANDIAN et al., 2011). Os resultados deste trabalho, apontam maior atividade de CAT e APX na remoção de EROs em plantas de pinhão manso sob estresse salino. Trabalhos realizados com tomate, sorgo e feijão-caupi corroboram com este estudo, no incremento da atividade de enzimas antioxidantes (YUAN et al., 2010; KAFI e RAHIMI, 2011; AHAMMED et al., 2013).

## 6. CONCLUSÕES

- A dosagem de adubação silicatada não minimizou os efeitos deletérios do estresse salino em plantas de pinhão manso.
- A salinidade afetou o crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso.
- O aumento das concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  reduziram a toxicidade iônica e promoveram incremento na atividade de enzimas antioxidantes em plantas de pinhão manso na tolerância ao estresse salino.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEBI, H. **Catalase in vitro**. Meth Enzymol, 1984 p.121-126.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Biocombustíveis**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario\\_Estatistico\\_ANP\\_2016.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2017.

AHAMMED, G. J.; RUAN, Y. P.; ZHOU, J.; XIA, X. J.; SHI, K.; ZHOU, Y. H.; YU, J. Q. Brassinosteroid alleviates polychlorinated biphenyls-induced oxidative stress by enhancing antioxidant enzymes activity in tomato. **Chemosphere**, v. 90, n. 11, p. 2645-2653, 2013.

ALVES, F.A.L.; FERREIRA-SILVA, S.L.; SILVEIRA, J.A.G.; PEREIRA, V.L.A. Efeito do Ca<sup>+</sup> externo do conteúdo de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife- PE, v. 6, n.4, p.602-608, 2011.

ALVES, F. L.; PONTE, L.F.A.; FERREIRA-SILVA, S.L.; MAIAS, J.M. SILVEIRA, J.A.G. Germinação e estabelecimento de plântulas de cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife - PE, v. 8, n. 2, p. 197-204, 2013.

BARBOSA, M.R.; SILVA, M.M.A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T.R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria - RS, v.44, n.3, p.453-460, 2014.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase improved as says and as say applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, p. 276-287, 1971.

BHATT, I. TRIPATHI, B.N. Plant peroxiredoxins: catalytic mechanisms, functional significance and future perspectives. **Biotechnology Advances**, v.29, p.850-859, 2011.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the qualification of microgramquantities of protein utlizy the principle of protein dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v.7, p.248-254, 1976.

CARVALHO, C. M., VIANA, T. V. A., MARINHO, A. B., LIMA-JÚNIOR, L. A. L.; VALNIR JÚNIOR, M. Pinhão-manso: Crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande -PB, v.17, n.5, p. 487–496, 2013.

CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J.C.; NASCIMENTO, J.A.M. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, p.1281-1290, 2010.

CHAVES, M.C. C.; Gomes, C. F. S. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. **Produção**, Santa Catarina, v.24, n.3, p. 495-507, 2013.

DEMATTE, J. L. I.; PAGIARO, C. M.; BELTRAME, J. A.; RIBEIRO, S. S. Uso de silicatos em cana-de-açúcar. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba- SP, n.133, p.7-12, 2011.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível.** Viçosa, MG: UFV, v. 1, 2007, 40 p.

DOS ANJOS, R.A.R.; SANTOS, L.C.S.; OLIVEIRA, D.B.; AMARO, C.L.; RIOS, J.M.; ROCHA, G.T.; MELO, B.S.; MATOS, F.S. Initial growth of *Jatropha curcas* plants subjected to drought stress and silicon (Si) fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n.4, p. 479-484, 2017.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n.3, p.350-356, 1956.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L.H.G.; DANTAS, J.P.; SILVA, J.R.P. Fenologia e produção do pinhão-manso cultivado com diferentes fontes de adubação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza- CE, v. 44, n. 2, p. 339-346, 2013.

FREIRE, J. L. O. et al. Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife- PE, v. 5, n. 1, p. 102-110, 2010.

FREIRE, J. L. O. et al. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife -PE, v. 36, n. 1, p. 57-70, 2013.

FREITAS, L.B.; COELHO, E. M.; MAIA, S.C. M.; SILVA, T. R.B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa- MG, v. 58, n.2, p. 262- 267, 2011.

GAMA, J.S.N.; JÚNIOR, L.R.P., PEREIRA, F.J. S.; OLIVEIRA, E.L.; CAMPOS, D. A.; BARROS, A.C.S.A. Efeito da adubação silicatada na qualidade da fibra do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas- BA, v. 28, n.2, p.244-253, 2016.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K.; Purification and quantitative relationship with watersoluble protein in seedlings. **Journal of Plant Physiology**, v.48, p.315-318, 1977.

GILL, S.S.; ANJUM, N.A.; HASANUZZAMAN, R.G.; TRIVEDI, D.K.; AHMAD, I.; PEREIRA, E.; TUTEJA, N. Glutathione and glutathione reductase: A boon in disguise for plant abiotic stress defense operations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, p. 204-212, 2013.

HASEGAWA, P.M. Sodium (Na<sup>+</sup>) homeostasis and salt tolerance of plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.92, p. 19-31, 2013.

HUSSEIN, M.M.; ABOU-BAKER, N.H. Growth and Mineral Status of Moringa Plants as Affected by Silicate and Salicylic Acid under Salt Stress. **International Journal of Plant & Soil Science**, Tara-keswar - India, v. 3, n. 2, p. 163-177, 2014.

KAFI, M.; RAHIMI, Z. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline contents and íon accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). **Soil Sci Plant Nutrition** 57:341–347, 2011.

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**, v.5, n.6, p.709-725, 2011.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante**. Uberlândia:UFU, 2004. (Boletim técnico, 2).

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 32, n. 5, p. 1969-1975, 2008.

LICHTHENTHALE, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: COLOWICK, S. P.; KAPLAN, N. O. (ed) **Methods in Enzimology**, San Diego, v. 148, p.350-382, 1987.

LIMA FILHO, O. F. **História do uso do silicato de sódio na agricultura**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009.

LIMA, M. A.; CASTRO, V.F.; VIDAL, J.B.; ENÉAS-FILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza- CE, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

MARAFON, A.C.; ENDRES, L. “Silicon: fertilization and nutrition in higher plants”, Amazon. **Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Madison- USA, v. 56, n. 4, p.380-388, 2013.

MATOS, F. S.; ROCHA, E. C.; CRUVINEL, C. K. L.; RIBEIRO, R. A.; RIBEIRO, R. P.; TINOCO, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa- MG, v. 37, n.4, p.947-954, 2012.

MATOS, F.S.; ROSA, V.R.; RIBEIRO, R.P.; BORGES, L.F.O.; CRUVINEL, C.K.L.; DIAS, L.A.S. Response of *Jatropha Curcas* plants to changes in the availability of nitrogen and phosphorus in oxissol. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.49, p. 3581-3586, 2014b.

MATOS, F. S.; TORRES JUNIOR, H. D.; ROSA, V. R.; SANTOS, P. G. F.; BORGES, L. F. O.; RIBEIRO, R. P.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L. Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 26, n. 1, p. 19 - 27, 2014a.

MATOS, F.S.; CIAPPINA, A.L.; ROCHA, E.C.; ALMEIDA, L.M. Factors that influence in *Jatropha curcas* L. latex production. **Bragantia**, Campinas- SP, 2017. D.O.I: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016468>.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n.3, p.426-428, 1959.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Renováveis devem manter participação de 43% na matriz energética em 2017**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/renovaveis-devemmanter-participacao-de-43-na-matriz-energetica-em-2017](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/renovaveis-devemmanter-participacao-de-43-na-matriz-energetica-em-2017)>. Acesso em: 14 nov. 2017.

MOTA, C.J.A.; MONTEIRO, R.S. Química e sustentabilidade: Novas fronteiras em biocombustíveis. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013.

NASCIMENTO, E.H.S.; RUPPENTHAL, V.; NASCIMENTO, I.L.; SILVA, M.L.S.; SABÓIA, C.B.; ENÉAS-FILHO, J. **Utilização de silício na atenuação dos efeitos do estresse salino em plantas de sorgo**. In: II Inovagri International Meeting, 2014, Fortaleza, Anais.D.O.I.: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a558>.

NEVES A.L.R.; GUIMARÃES, F.V.A.; LACERDA, C.F.; SILVA, F.B.; SILVA, F.L.B. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.39, n.4, p.569–574, 2008.

OLIVEIRA, J.T.; CAMPOS, V.B.; CHAVES, L.H.; GUEDES FILHO, D.H. Silicon fertiization on growth of ornamental sunflower cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 17, n.2, p. 123-128, 2013.

OLIVEIRA, F.A.; GUEDES, R.A.A.; GOMES, L.P.; BEZERRA, F.M.S.; LIMA, L.A.; OLIVEIRA, M.K.T. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 19, n. 3, p. 204-210, 2015.

PADILHA, N.S.; SILVA, C.J.; PEREIRA, S.B.; SILVA, J.A.N.; HEID, D.M.; BOTTEGA, S.P.; SCALON, S.P.Q. Crescimento inicial do pinhão manso submetido a diferentes regimes hídricos em Latossolo Vermelho Distrófico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 26, n. 2, p. 513-521, 2016.

R, CORE TEAM. **R: A language and environmental for statistical computing**. Vienna, Austria. [Internet]. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 06 dez.2017.

SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A.C. Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.8, n.15, p.1563-1578, 2012.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M. Método para medição da área foliar do pinhão manso. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande- PB, v.14, n.1, p.73-77, 2007.

SHI, Y.; ZHANG, Y.; FENG, R.; HU, Y.; GUO, J.; GONG, H. Silicon enhances water stress tolerance by improving root hydraulic conductance in *Solanum lycopersicum* L. **Frontiers in Plant Science**, v.22, n.7, p.196-210, 2016.

SIMÕES, W.L.; DRUMOND, M.A.; GUIMARÃES, M.J.M.; OLIVEIRA, A.R.; FERREIRA, P.P.B.; SOUZA, M.A. Desenvolvimento inicial e respostas fisiológicas do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Biociências**, Porto Alegre- RS, v. 12, n.4, p.188-195, 2014.

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

SOUZA, B.R.; FREITAS, I.A.S.; LOPES, V.A.; ROSA, V. R.; MATOS, F.S. Growth of eucalyptus plants irrigated with saline water. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n.10, p. 1091-1096, 2015.

SYSTAT SOFTWARE, Inc. For windows, version 10.0. **SigmaPlot**, Chicago, Illinois, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed. 2017. 858p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

VIANA, P. C.; LIMA, R.M.S.; LIMA, J.G.A.; VIANA, K.C.; GOMEZ, E.C. Análise de crescimento e desenvolvimento vegetativo de plantas de maracujazeiro amarelo irrigadas com água salina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-RN, v. 8, n. 1, p. 66-71, 2013.

WEI, S.; HU, W.; DENG, X.; ZHANG, Y.; LIU, X.; ZHAO, X.; LUO, Q.; JIN, Z.; LI, Y.; ZHOU, S.; SUN, T.; WANG, L.; YANG, G.; HE, G. A rice calcium-dependent protein kinase OsCPK9 positively regulates drought stress tolerance and spikelet fertility. **BMC Plant Biology**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2014.

YUAN, G. F.; JIA, C. G.; LI, Z.; SUN, B.; ZHANG, L. P.; LIU, N.; WANG, Q. M. Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 103-108, 2010.

ZERAIK, A.E.; SOUZA, F.S.; FATIBELLO-FILHO, O.; Development of a spot test for peroxidase activity monitoring during a purification procedure. **Química Nova [on-line]**, São Paulo- SP, v.31, n.4, p.731-734, 2008.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN, Q.; YU, J.; Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **PlantScience**, Netherlands, v.167, p.527-533, 2004.