

FÁBIO STEINER | ORG.

PLANT ABIOTIC STRESS TOLERANCE



Pantanal Editora

2020

Fábio Steiner
(Organizador)

PLANT ABIOTIC STRESS TOLERANCE



Pantanal Editora

2020

Copyright© Pantanal Editora
Copyright do Texto© 2020 Os Autores
Copyright da Edição© 2020 Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora
Edição de Arte: A editora e Canva.com
Revisão: Os autor(es), organizador(es) e a editora

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandris ArgenteL-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI

- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P713	Plant Abiotic Stress Tolerance [recurso eletrônico] / Organizador Fábio Steiner. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 149p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-88319-02-4 DOI https://doi.org/10.46420/9786588319024 1. Ecologia e Recursos Naturais (Ecofisiologia vegetal). 2. Meio ambiente – Conservação. 3. Sustentabilidade. I. Steiner, Fábio. CDD 581.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es). O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Plant Abiotic Stress Tolerance”, uma publicação da Pantanal Editora, apresenta, em seus 9 capítulos, uma ampla gama de assuntos sobre os recentes avanços e conhecimentos científicos nas áreas de ecofisiologia da produção vegetal e conservação dos recursos naturais e meio ambiente. Os temas abordados mostram algumas das ferramentas atuais que permitem o incremento da produção de alimentos, a melhoria da qualidade de vida da população, e a preservação e a sustentabilidade dos recursos disponíveis no planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados e conhecimentos, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

Nas últimas décadas, a produção de alimentos tem sido frequentemente limitada por inúmeros fatores de estresse abióticos, dentre os quais, podemos citar a baixa disponibilidade de água (deficiência hídrica), temperaturas extremas (frio, geadas, calor e fogo), salinidade, deficiência de nutrientes minerais e toxicidade. Esses fatores são responsáveis por consideráveis perdas econômicas tanto para os pequenos agricultores quanto para os produtores de commodities como a cultura da soja, entre outras. Além disso, estes danos podem ser potencialmente agravados pelos efeitos das recentes mudanças climáticas globais, sendo, portanto, a sua mitigação um grande desafio para a comunidade científica. O foco principal das pesquisas abordadas neste e-book é compreender os mecanismos de defesa/tolerância dos estresses abióticos em plantas e apresentar tecnologias e práticas de manejo que possibilitem o aumento da tolerância das plantas a esses estresses abióticos.

Temas associados à identificação de cultivares de soja tolerantes à seca e o manejo da salinidade e da restrição hídrica nas culturas de soja, amendoim e pepino são abordados. A tolerância de plantas de pinhão-manso a toxicidade do alumínio (Al³⁺), a tolerância de quatro espécies hortícolas ao estresse térmico causado por altas temperaturas e a tolerância de mutantes de trigo ao estresse salino também é sugerido. Na área de recursos naturais é mostrado os efeitos fitotóxicos dos metais pesados nas plantas cultivadas e o estresse ambiental causado pelo fogo na região do Cerrado. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas áreas de ecofisiologia da produção vegetal e conservação dos recursos naturais e meio ambiente, os agradecimentos do Organizador e da Pantanal Editora.

Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Fábio Steiner

PRESENTATION

The eBook “Plant Abiotic Stress Tolerance”, a publication by Pantanal Editora, presents in its 9 chapters a wide range of questions about recent advances and scientific knowledge in the areas of ecophysiology of plant production and conservation of natural resources and the environment. The topics presented show some of the current tools that allow the increase in food production, the improvement of quality of life in people's and the preservation and sustainability of the resources available on the planet. This eBook materializes Editora Pantanal's desire to disseminate results and knowledge, which directly contribute to the development of society.

In the last decades, food production has often been limited by numerous abiotic stress factors, among which, we can mention the low availability of water (water deficit), extreme temperatures (cold, frosts, heat and fire), salinity, mineral nutrient deficiency and toxicity. These factors are responsible for considerable economic losses, both for small farmers and for producers of commodities such as soybean, among others. In addition, these damages can potentially be aggravated by the effects of recent global climate changes, and therefore, mitigating these damages is a major challenge for the scientific community. The main objective of the research presented in this e-book is to understand the defense or tolerance mechanisms of abiotic stresses in plants and to present technologies and management practices that enable greater tolerance of plants to these abiotic stresses.

Topics associated with the identification of drought-tolerant soybean cultivars and the management of salinity and water restriction in soybean, peanut and cucumber crops are presented. The tolerance of physic nut plants to aluminum toxicity (Al^{3+}), the tolerance of four vegetable species to heat stress caused by high temperatures and the tolerance of wheat mutants to salt stress is also suggested. In the area of natural resources, the phytotoxic effects of heavy metals on plant growth and the environmental stress caused by fire in the Cerrado region are shown. Therefore, this knowledge can add much to its readers who seek to promote quantitative and qualitative improvements in food production and, or improve the quality of life in society. Always in search of the planet's sustainability.

To the authors of the chapters, for their dedication and efforts, that made this eBook possible, which exposes the recent scientific and technological advances in the areas of ecophysiology of plant production and conservation of natural resources and the environment, thanks to the Organizer and Pantanal Editora.

Finally, we hope that this e-book can collaborate and instigate more students and researchers in the constant search for new technologies. Thus, ensuring an easy and quick dissemination of knowledge to society.

Fábio Steiner

PRESENTACIÓN

El trabajo “Plant Abiotic Stress Tolerance”, publicación de Pantanal Editora, presenta, en sus 9 capítulos, una amplia gama de temas sobre avances recientes y conocimientos científicos en las áreas de ecofisiología de la producción vegetal y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Los temas tratados muestran algunas de las herramientas actuales que permiten el aumento de la producción de alimentos, la mejora de la calidad de vida de la población y la preservación y sostenibilidad de los recursos disponibles en el planeta. El trabajo materializa el afán de Editora Pantanal por difundir resultados y conocimientos, que contribuyan directamente al desarrollo humano.

En las últimas décadas, la producción de alimentos se ha visto a menudo limitada por numerosos factores de estrés abiótico, entre los que podemos mencionar la baja disponibilidad de agua (deficiencia de agua), temperaturas extremas (frío, heladas, calor y fuego), salinidad, deficiencia, nutrientes minerales y toxicidad. Estos factores son responsables de considerables pérdidas económicas tanto para los pequeños agricultores como para los productores de commodities como la soja, entre otros. Además, estos daños pueden verse potencialmente agravados por los efectos de los cambios climáticos globales recientes y, por lo tanto, mitigarlos es un desafío importante para la comunidad científica. El foco principal de las investigaciones cubiertas en este libro electrónico es comprender los mecanismos de defensa / tolerancia contra el estrés abiótico en las plantas y presentar tecnologías y prácticas de manejo que permitan aumentar la tolerancia de las plantas a estos estreses abióticos.

Se abordan temas relacionados con la identificación de cultivares de soja tolerantes a la sequía y el manejo de la salinidad y la restricción hídrica en cultivos de soja, maní y pepino. También se sugiere la tolerancia de las plantas de frutos secos a la toxicidad del aluminio (Al^{3+}), la tolerancia de cuatro especies hortícolas al estrés por calor causado por las altas temperaturas y la tolerancia de los mutantes del trigo al estrés por sal. El área de recursos naturales muestra los efectos fitotóxicos de los metales pesados en las plantas cultivadas y el estrés ambiental causado por los incendios en la región del Cerrado. Por tanto, este conocimiento aportará mucho a sus lectores que buscan promover mejoras cuantitativas y cualitativas en la producción de alimentos y, o mejorar la calidad de vida en la sociedad siempre en busca de la sostenibilidad del planeta.

A los autores de los distintos capítulos, por su dedicación y esfuerzo irrestricto, que hizo posible este trabajo, que retrata los recientes avances científicos y tecnológicos en las áreas de ecofisiología de la producción vegetal y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, gracias a la Organización y a Pantanal Editora.

Finalmente, esperamos que este libro electrónico pueda colaborar e instigar a más estudiantes e investigadores en la búsqueda constante de nuevas tecnologías. De esta forma, se garantiza una fácil y rápida difusión del conocimiento a la sociedad.

Fábio Steiner

SUMÁRIO

Apresentação	5
Presentation	6
Presentación	7
Capítulo I	8
Selection indices to identify drought-tolerant soybean cultivars	8
Capítulo II	27
Identificação de cultivares de soja para tolerância à salinidade	27
Capítulo III	41
Co-inoculation of peanut with <i>Bradyrhizobium</i> and <i>Azospirillum</i> promotes greater tolerance to drought	41
Capítulo IV	55
Tolerancia de hortalizas al estrés térmico causado por las altas temperaturas	55
Capítulo V	69
Aluminum toxicity inhibits growth and nutrient uptake in physic nut plants	69
Capítulo VI	81
Potassium nitrate priming to induce salt stress tolerance in cucumber seeds	81
Capítulo VII	97
Respostas Ecofisiológicas de Plantas ao Lodo de Esgoto	97
Capítulo VIII	120
Efeito do fogo em plantas nativas do Cerrado: estresse ambiental <i>versus</i> resiliência	120
Capítulo IX	140
Modelo de desarrollo y tolerancia a la salinidad de mutantes de trigo cultivadas en condiciones Salinas	140
Índice Remissivo	149

Identificação de cultivares de soja para tolerância à salinidade

Recebido em: 01/07/2020

Aceito em: 10/07/2020

 10.46420/9786588319024cap2

Rogério do Carmo Cabral¹ 

Simone Cândido Ensinas Maekawa² 

Vitória Carolina Dantas Alves¹ 

Laura Martins Ferreira¹ 

Sara da Silva Abes¹ 

Fábio Steiner^{1*} 

INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das principais culturas oleaginosas do mundo. Com uma área plantada de 36,8 milhões de hectares e produção de 120,3 milhões de toneladas na safra 2019/2020 (Conab, 2020), o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de soja do mundo. Atualmente, a região do Cerrado é a maior produtora de soja do país, representando cerca de 60% da produção nacional (Dickie et al., 2016). A produção agrícola nesta região certamente continuará a ser um importante impulsionador do crescimento econômico agrícola do Brasil nos próximos anos.

Apesar desse cenário favorável para o cultivo de soja na região Centro-Oeste do Brasil, o desenvolvimento das plantas e a produção de grãos da cultura podem ser limitados pelo excesso de sais no solo ou na água de irrigação. Atualmente, o estresse salino tem se intensificado devido ao uso inadequado e excessivo de fertilizantes minerais, manejo inadequado da irrigação e da drenagem ou da irrigação com águas salinas (Gheyi et al., 2010). Os sais solúveis, normalmente, presentes na solução em solos salinos são: sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), (Mg^{2+}), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), borato (BO_3^{3-}) e nitrato (NO_3^-) (Chhabra, 1996). O aumento da concentração de sais solúveis na solução no solo altera o crescimento e desenvolvimento das plantas em virtude do aumento do potencial osmótico da solução, que reduz a absorção de água pelas sementes e pelas plantas, da acumulação de quantidade elevadas e fitotóxicas de vários íons, especialmente de

¹ Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. MS 306, km 6,4, CEP 795400-000, Cassilândia, MS, Brasil.

² Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rua Projetada A, CEP 79730-000, Glória de Dourados, MS, Brasil.

* Autor de correspondência: steiner@uems.br

sódio (Na^+) e cloro (Cl^-), e de distúrbios no balanço de íons (Acosta-Motos et al., 2017). Esses efeitos causam alterações adversas no metabolismo fisiológico e bioquímico do processo de germinação das sementes. Altos níveis de salinidade podem inibir a absorção de água pelas sementes, tornando a germinação impossível, enquanto o nível mais baixo de salinidade resulta no atraso do processo de germinação das sementes (Ibrahim, 2016; Steiner et al., 2019).

A germinação das sementes é a primeira e a fase mais sensível e crítica para o ciclo de vida das plantas, e o estresse salino é um dos principais fatores abióticos que restringem o adequado estabelecimento das culturas no campo (Petrović et al., 2016). A salinidade desempenha importante papel na determinação da taxa de germinação das sementes e no crescimento inicial das plantas (Patanè et al., 2013; Steiner et al., 2019). Portanto, os ensaios de tolerância à salinidade durante os estádios iniciais de crescimento das plantas são importantes para identificar genótipos superiores quando expostos às condições de salinidade. Isso porque um genótipo com germinação mais rápida sob condições de estresse salino, pode alcançar um rápido estabelecimento de plantas no campo, resultando em maiores rendimentos de grãos.

Muitos fatores podem afetar as respostas das plantas ao estresse salino, como genótipo, estágio de desenvolvimento, severidade e duração do estresse, dentre outros fatores ambientais (Patanè et al., 2013; Naghavi et al., 2013; Petrovic et al., 2016; Zuffo et al., 2020). Diferenças genéticas na tolerância aos estresses abióticos em condições de laboratório têm sido reportadas em cultivares de soja brasileiras (Zuffo et al., 2020), o que pode ser útil na identificação de genótipos mais adaptados a semeadura sob condições ambientais adversas. No entanto, embora alguns estudos tenham reportado os efeitos do estresse salino no processo de germinação das sementes de soja (Soares et al., 2015; Zuffo et al., 2020), nenhum estudo analisou os efeitos adversos da salinidade na germinação das sementes por meio dos métodos de análises multivariadas utilizando diferentes índices de tolerância de estresse.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o nível de tolerância à salinidade de 25 cultivares de soja durante as fases de germinação e crescimento inicial das plântulas.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em condições de laboratório para testar os efeitos do estresse salino na germinação e no crescimento inicial de diferentes genótipos de soja. Sementes de um total de 25 cultivares comerciais de soja foram adquiridas diretamente das empresas detentoras do seu registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Inicialmente, foram determinados o teor de água, massa de mil sementes e taxa de germinação das sementes. As principais características agrônômicas e intrínsecas das sementes são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Características agrônômicas, teor de água, massa de mil sementes e germinação das 25 cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] utilizadas no estudo.

Cultivar	Características Agrônômicas		Teor de água	Massa de 1000 sementes (g)	Germinação	
	Ciclo ¹	GMR	Tipo de crescimento		(%)	(%)
TMG 2383 IPRO	120	8,3	Semideterminado	9,51	175	87
TMG 2381 IPRO	120	8,1	Indeterminado	9,77	160	100
TMG 2378 IPRO	125	7,8	Semideterminado	8,96	165	96
TMG 7067 IPRO	112	7,2	Semideterminado	9,87	170	100
TMG 7063 IPRO	110	7,0	Indeterminado	9,75	175	86
TMG 2165 IPRO	112	6,5	Indeterminado	9,14	180	98
TMG 7061 IPRO	110	6,1	Indeterminado	10,17	185	98
97R50 IPRO	115	7,5	Indeterminado	8,15	190	100
98R31 IPRO	130	8,3	Indeterminado	9,89	175	97
98R35 IPRO	130	8,3	Indeterminado	9,57	180	98
HO Cristalino IPRO	125	8,3	Indeterminado	8,93	160	100
HO Maracaí IPRO	120	7,7	Indeterminado	9,60	170	87
HO Paranaíba IPRO	115	7,4	Indeterminado	9,75	210	93
BMX Foco IPRO	110	7,2	Indeterminado	9,11	175	83
BMX Bônus IPRO	120	7,9	Indeterminado	9,42	185	100
ST 777 IPRO	108	7,7	Indeterminado	9,41	155	100
ST 797 IPRO	110	7,9	Indeterminado	9,45	150	100
RK 8115 IPRO	120	8,1	Indeterminado	9,02	200	96
RK 6719 IPRO	105	6,7	Indeterminado	9,57	190	100
RK 7518 IPRO	112	7,5	Indeterminado	10,08	180	100
RK 8317 IPRO	125	8,3	Indeterminado	10,46	185	88
M 5917 IPRO	95	5,9	Indeterminado	9,42	170	93
NS 8399 IPRO	120	8,3	Indeterminado	9,02	185	89
NS 7007 IPRO	98	7,1	Indeterminado	9,77	210	99
NS 7505 IPRO	118	7,5	Indeterminado	8,97	200	84

¹ Ciclo médio, em dias, da emergência ao ponto de colheita. GMR: Grupo de maturidade relativa. Fonte: Dados da pesquisa.

As sementes foram previamente desinfecionadas, por imersão durante 10 minutos, em solução de hipoclorito de sódio 1% (v/v). Em seguida procedeu-se à lavagem em água corrente e,

posteriormente, foram colocadas para germinar sob condições de estresse salino induzido por solução com potencial osmótico de $-0,30$ MPa preparada com cloreto de sódio (NaCl). A quantidade de NaCl adicionada para obter a solução com potencial osmótico de $-0,30$ MPa, foi calculada pela equação de van't Hoff (Hillel, 1971): $\Psi_s = -RTC_i$, onde R é a constante universal dos gás nobres ($0,008314$ MPa mol⁻¹ K⁻¹); T é a temperatura absoluta ($273,15 + ^\circ\text{C}$); C é a concentração molar do soluto (mol L⁻¹); e i é o fator de van't Hoff, ou seja, a razão entre a quantidade de partículas na solução e a quantidade de íons dissolvidos [isto é, para NaCl este valor é 2,0 (Na⁺ e Cl⁻)]. Como tratamento controle foi utilizado água destilada com potencial osmótico $\Psi_s = 0,00$ MPa.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições de 50 sementes. Os tratamentos foram constituídos pela exposição ou não das sementes, das 25 cultivares de soja, ao estresse salino. Quatro subamostras de 50 sementes foram colocadas para germinar sobre três folhas de papel-toalha Germitest[®], previamente umedecidas com a água destilada ou solução salina em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. Em seguida, foram confeccionados rolos, os quais foram mantidos em sala de germinação sob temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, durante 10 dias (Figura 1). O fungicida Vitavax–Thiram[®] foi adicionado às soluções na concentração de 0,2% (v/v) para controlar a infecção por fungos. O detalhe do processo inicial da germinação das sementes de soja aos cinco dias após a semeadura é mostrado na Figura 2.



Figura 1. Ilustração da disposição dos rolos de germinação para as sementes de soja na sala de germinação. UEMS/Cassilândia, 2019. Fonte: Os autores.

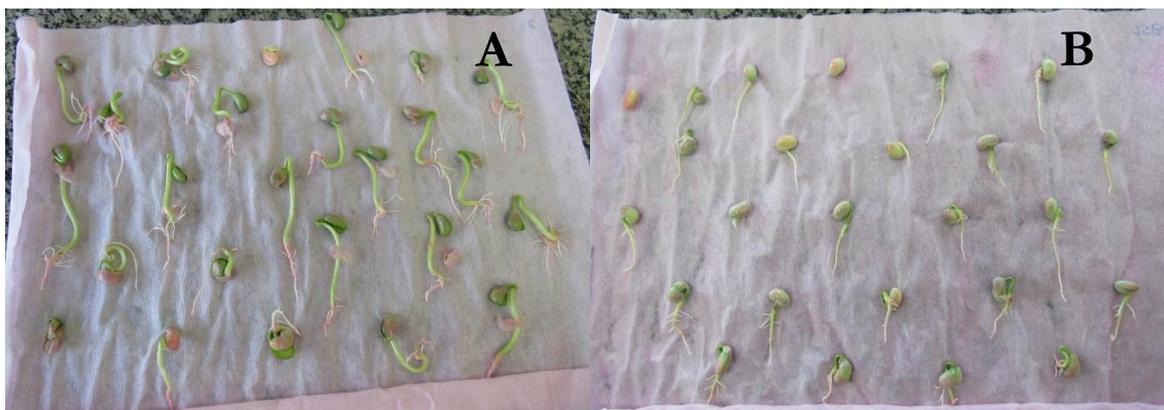


Figura 2. Ilustração das plântulas de soja com cinco dias de germinação sob condições controle (A) e sob condições de estresse salino (B). UEMS/Cassilândia, 2019. Fonte: Os autores.

Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentaram protrusão da radícula, com no mínimo 10,0 mm de comprimento. Após a determinação da taxa de germinação, 10 plântulas foram escolhidas aleatoriamente para a mensuração do comprimento e da matéria seca da parte aérea e das raízes. O comprimento da parte aérea (CPA) e das raízes (CR) foi mensurado com auxílio de uma régua graduada em milímetros. A matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foi determinada em balança analítica após secagem do material vegetal em estufa à 85 °C, por 48 h.

Os índices de tolerância de estresse (ITE) foram calculados, a partir dos dados de germinação, comprimento de plântulas e de matéria seca de plântulas expostas às condições de estresse salino e condições controle, utilizando-se as seguintes equações propostas por Partheeban et al. (2017):

$$ITE-G = \left(\frac{\text{Germinação de sementes sob estresse}}{\text{Germinação de sementes do controle}} \right) \times 100$$

$$ITE-CPA = \left(\frac{\text{Comprimento da parte aérea das plantas sob estresse}}{\text{Comprimento da parte aérea das plantas do controle}} \right) \times 100$$

$$ITE-CR = \left(\frac{\text{Comprimento da raiz das plantas sob estresse}}{\text{Comprimento da raiz das plantas do controle}} \right) \times 100$$

$$ITE-CT = \left(\frac{\text{Comprimento total das plantas sob estresse}}{\text{Comprimento total das plantas do controle}} \right) \times 100$$

$$ITE-MSPA = \left(\frac{\text{Matéria seca da parte aérea das plantas sob estresse}}{\text{Matéria seca da parte aérea das plantas do controle}} \right) \times 100$$

$$ITE-MSR = \left(\frac{\text{Matéria seca das raízes das plantas sob estresse}}{\text{Matéria seca das raízes das plantas do controle}} \right) \times 100$$

$$ITE-MSR = \left(\frac{\text{Matéria seca total das plantas sob estresse}}{\text{Matéria seca total das plantas do controle}} \right) \times 100$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias das cultivares de soja foram agrupadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o software Sisvar versão 5.6 para Windows (Ferreira, 2011).

A identificação dos cultivares tolerantes e, ou suscetíveis ao estresse salino foi realizada com base em todos os índices de tolerância de estresse (ITE), por meio do método do ranqueamento, conforme apresentado por Farshadfar et al. (2012). O cultivar com o maior valor para cada um dos índices de tolerância de estresse recebeu uma pontuação de classificação igual a 1, ao passo que o cultivar com o menor valor para cada um dos índices de tolerância de estresse, recebeu uma pontuação de classificação igual a 25. Foram calculados a pontuação média do ranqueamento (\bar{R}) e o desvio padrão dos ranqueamentos (DP_R) para todos os índices de tolerância de estresse dos 25 cultivares de soja em condições de estresse salino.

A discriminação dos cultivares de soja quanto ao nível de tolerância à salinidade foi realizada com base na pontuação média do ranqueamento de cada cultivar, considerando-se o valor do quartil que divide as 25 posições possíveis do ranqueamento em quatro partes iguais. Portanto, um cultivar com pontuação média do ranqueamento abaixo do valor do primeiro quartil (<7,0 pontos) é classificado como tolerante (T) à salinidade; um cultivar com pontuação média entre o valor do primeiro e segundo quartil (7,0 a 13,0 pontos) é classificado como moderadamente tolerante (MT) ao estresse salino; um cultivar com pontuação média do ranqueamento entre o valor do segundo e terceiro quartil (13,1 a 19,0 pontos) é classificado como moderadamente suscetível (MS) ao estresse salino; e, por sua vez, o grupo de cultivares suscetíveis (S) à salinidade é representado pelos cultivares com pontuação média do ranqueamento acima do valor do terceiro quartil (>19,0 pontos).

As análises multivariadas pelo método de agrupamento hierárquico, foram realizadas com base na distância Euclidiana e no método de variância mínima de Ward para classificar os 25 cultivares de soja em diferentes níveis de tolerância ao estresse salino (cultivares tolerantes, moderadamente tolerantes, moderadamente suscetíveis e cultivares suscetíveis). A análise de componentes principais (ACP), com base na matriz de covariância dos índices de tolerância de estresse e análise biplot, foram realizadas utilizando-se o software estatístico Action Stat Pro[®] versão 3.6 para Windows.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de tolerância de estresse para a germinação (ITE-G) permitiu separar os cultivares de soja em quatro grupos, sendo que o grupo com maior índice de tolerância ao estresse salino foi representado pelos cultivares TMG 2383 IPRO, TMG 2378 IPRO, M 5917 IPRO, ST 777IPRO, 98R31 IPRO e 98R35 IPRO. Por sua vez, os cultivares HO Cristalino IPRO, HO Maracaí IPRO e HO

Paranaíba IPRO foram agrupados no grupo de menor índice de tolerância ao estresse salino (Tabela 2). O valor do ITE-G foi inferior a 100% para todos os cultivares de soja, indicando que o estresse salino afetou negativamente o processo de germinação das sementes de soja. Resultados semelhantes foram reportados por Soares et al. (2015), os quais constataram que a germinação das sementes de soja foi negativamente afetada pelo estresse salino induzido por NaCl. Isso ocorreu porque a salinidade, além de inibir a taxa de germinação das sementes pela redução do potencial hídrico, também pode causar efeitos fitotóxicos específicos devido à absorção dos íons Na^+ e Cl^- (Acosta-Motos et al., 2017).

O índice de tolerância de estresse para o comprimento da parte aérea (ITE-CPA) permitiu separar os cultivares de soja em quatro grupos; os cultivares TMG 2383 IPRO e 98R31 IPRO representaram o grupo com maior índice de tolerância ao estresse salino, ao passo que os cultivares HO Cristalino IPRO, HO Maracaí IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO e NS 8399 IPRO representaram o grupo com menor índice de tolerância ao estresse salino. O índice de tolerância de estresse para o comprimento radicular (ITE-CR) permitiu enquadrar os cultivares em três grupos, sendo que os cultivares TMG 2383 IPRO, 98R31 IPRO, ST 797 IPRO e M 5917 IPRO foram classificados no grupo de maior índice de tolerância ao estresse salino, ao passo que o grupo de menor índice de tolerância ao estresse salino foi representado pelos cultivares TMG 2381 IPRO, TMG 7061 IPRO, HO Cristalino IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO, RK 7518 IPRO, NS 8399 IPRO e NS 7505 IPRO (Tabela 2).

O ITE-CPA em condições de estresse salino variou de 35 a 82%, enquanto o ITE-CR em condições de estresse salino variou de 36 a 107% (Tabela 2). Em condições de estresse salino, o comprimento da parte aérea das plantas representou, em média, apenas 57% do comprimento da parte aérea das plantas do tratamento controle. Por sua vez, o comprimento das raízes sob condições de estresse salino representou, em média, 70% do comprimento das raízes do tratamento controle. Estes resultados indicam que o crescimento da parte aérea das plantas de soja foi mais afetado pelas condições de estresse salino quando comparado ao crescimento das raízes. Durante a exposição aos estresses abióticos, as plantas exibem uma ampla gama de respostas em níveis molecular, genético e celular, incluindo alterações fisiológicas, morfológicas e de desenvolvimento (inibição do crescimento da parte aérea e do sistema radicular), além de alterações nas vias metabólicas (síntese de osmólitos e de enzima antioxidante e degradação de proteínas) (Roychoudhury et al., 2013).

Tabela 2. Índices de tolerância de estresse (ITE) para a germinação e o crescimento inicial das plântulas dos 25 cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] expostas ao estresse salino. UEMS, Cassilândia (MS), 2019

Cultivar	ITE-G	ITE-CPA	ITE-CR	ITE-CT	ITE-MSPA	ITE-MSR	ITE-MST
	----- (%) -----						
TMG 2383 IPRO	95 a	82 a	92 a	86 a	94 a	124 a	99 a
TMG 2381 IPRO	87 b	55 c	52 c	53 c	74 b	81 c	76 b
TMG 2378 IPRO	93 a	60 b	69 b	64 b	87 a	99 b	90 a
TMG 7067 IPRO	88 b	63 b	72 b	67 b	88 a	119 a	97 a
TMG 7063 IPRO	90 b	52 c	69 b	59 c	90 a	106 b	95 a
TMG 2165 IPRO	83 c	62 b	82 b	72 b	75 b	97 b	82 b
TMG 7061 IPRO	85 b	55 c	56 c	56 c	72 b	101 b	82 b
97R50 IPRO	91 b	63 b	83 b	72 b	82 a	116 a	92 a
98R31 IPRO	96 a	71 a	89 a	80 a	83 a	100 b	88 a
98R35 IPRO	94 a	66 b	77 b	72 b	84 a	121 a	94 a
HO Cristalino IPRO	74 d	42 d	51 c	46 d	61 c	74 c	65 c
HO Maracaí IPRO	76 d	38 d	66 b	52 c	86 a	106 b	91 a
HO Paranaíba IPRO	74 d	35 d	52 c	42 d	57 c	76 c	62 c
BMX Foco IPRO	89 b	46 d	47 c	46 d	63 c	77 c	67 c
BMX Bônus IPRO	87 b	48 c	72 b	58 c	76 b	96 b	81 b
ST 777 IPRO	95 a	63 b	74 b	68 b	86 a	121 a	93 a
ST 797 IPRO	89 b	66 b	95 a	82 a	78 b	95 b	83 b
RK 8115 IPRO	83 c	56 c	75 b	66 b	87 a	91 c	88 a
RK 6719 IPRO	90 b	52 c	73 b	62 b	78 b	100 b	85 b
RK 7518 IPRO	81 c	58 b	58 c	58 c	72 b	91 c	78 b
RK 8317 IPRO	86 b	66 b	84 b	73 b	86 a	69 c	82 b
M 5917 IPRO	94 a	68 b	107 a	85 a	96 a	94 b	95 a
NS 8399 IPRO	87 b	41 d	46 c	44 d	44 d	65 c	51 d
NS 7007 IPRO	90 b	54 c	75 b	64 b	90 a	87 c	89 a
NS 7505 IPRO	86 b	55 c	36 c	43 d	87 a	83 c	85 b
Média	87	57	70	63	79	96	83
CV (%)	5,59	12,51	16,75	10,99	10,98	15,25	8,81

Média seguida de letras distintas, na coluna, mostra diferença significativa pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. ITE-G: Índice de tolerância de estresse para germinação. ITE-CPA: Índice de tolerância de estresse para comprimento da parte aérea. ITE-CR = Índice de tolerância de estresse para comprimento da raiz. ITE-CT: Índice de tolerância de estresse para comprimento total das plantas. ITE-MSPA: Índice de tolerância de estresse para matéria seca da parte aérea. ITE-MSR: Índice de tolerância de estresse para matéria seca das raízes. ITE-MST: Índice de tolerância de estresse para matéria seca total das plantas. Fonte: Os autores.

O índice de tolerância de estresse para o comprimento total (ITE-CT) das plântulas de soja permitiu classificar as cultivares em quatro grupos de tolerância; os cultivares TMG 2383 IPRO, 98R31 IPRO, ST 797 IPRO e M 5917 IPRO foram enquadrados no grupo com maior índice de tolerância ao estresse salino, e os cultivares HO Cristalino IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO, NS 8399 IPRO e NS 7505 IPRO ficaram restritos ao grupo de menor índice de tolerância ao estresse salino (Tabela 2). O comprimento total das plântulas de todas as cultivares de soja foi inibido pelas condições de estresse salino, o que foi evidenciado pelos valores de ITE-CT, menores que 100%. O menor crescimento das plantas de soja provocado pelos estresses abióticos é causada pela redução da expansão celular (Taiz et al., 2017). Ao reduzir a pressão de turgor, o estresse osmótico suprime a expansão e o crescimento celular, afetando o metabolismo, crescimento e estabelecimento das plântulas (Jaleel et al. 2009).

O ITE-MSPA permitiu separar os cultivares de soja em quatro grupos, sendo que o grupo com maior índice de tolerância ao estresse salino foi representado por 14 cultivares de soja, e o cultivar NS 8399 IPRO ficou restrito ao grupo com menor índice de tolerância ao estresse salino. O ITE-MSR permitiu agrupar os cultivares de soja em três grupos de tolerância; os cultivares TMG 2383 IPRO, TMG 7067 IPRO, 97R50 IPRO, 98R35 IPRO e ST 777 IPRO foram enquadrados no grupo de maior índice de tolerância ao estresse salino, ao passo que o grupo com menor índice de tolerância ao estresse salino foi representado por 10 cultivares de soja. O ITE-MST permitiu classificar os cultivares de soja em quatro grupos de tolerância; o grupo com maior índice de tolerância ao estresse salino foi representado por 12 cultivares de soja, e o cultivar NS 8399 IPRO foi enquadrado no grupo com menor índice de tolerância ao estresse salino (Tabela 2).

Considerando todos os índices de tolerância de estresse, o método do ranqueamento agrupou, respectivamente, 5, 9, 7 e 4 cultivares de soja como tolerantes, moderadamente tolerantes, moderadamente suscetíveis e suscetíveis ao estresse salino (Tabela 3).

Para os cultivares de soja TMG 2383 IPRO, 98R31 IPRO, 98R35 IPRO, ST 777 IPRO e M 5917 IPRO se registrou pontuação média inferior a 7,0, sendo por isso classificados como tolerantes ao estresse salino. Por sua vez, os cultivares HO Cristalino IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO e NS 8399 IPRO foram classificados como suscetíveis ao estresse salino, em virtude do registro quanto à pontuação média do ranqueamento (\bar{R}), ser maior que 19,1 (Tabela 3).

Tabela 3. Ranqueamento, pontuação média do ranqueamento (\bar{R}) e desvio padrão do ranqueamento (DP_R) para os índices de tolerância de estresse salino para os 25 cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.]. UEMS, Cassilândia (MS), 2019.

Cultivar	Índice de Tolerância de Estresse (ITE)							\bar{R}	DP_R	Nível de Tolerância†
	G	CPA	CR	CT	MSPA	MSR	MST			
TMG 2383 IPRO	2	1	3	1	2	1	1	1,6	0,7	T
TMG 2381 IPRO	14	16	20	19	19	20	21	18,4	2,0	MS
TMG 2378 IPRO	6	11	16	13	7	11	9	10,4	2,7	MT
TMG 7067 IPRO	13	9	13	10	5	4	2	8,0	3,7	MT
TMG 7063 IPRO	9	18	15	15	3	7	4	10,1	5,0	MT
TMG 2165 IPRO	21	10	7	6	18	12	16	12,9	4,7	MT
TMG 7061 IPRO	19	14	19	18	21	8	18	16,7	3,3	MS
97R50 IPRO	7	8	6	7	14	5	8	7,9	1,8	MT
98R31 IPRO	1	2	4	4	13	9	12	6,4	4,2	T
98R35 IPRO	5	6	8	8	12	2	5	6,6	2,4	T
HO Cristalino IPRO	25	22	21	22	22	23	23	22,6	0,9	S
HO Maracaí IPRO	23	24	17	20	11	6	7	15,4	6,4	MS
HO Paranaíba IPRO	24	25	20	25	24	22	24	23,4	1,4	S
BMX Foco IPRO	11	21	22	21	22	21	22	20,0	2,6	S
BMX Bônus IPRO	15	20	14	16	17	13	19	16,3	2,0	MS
ST 777 IPRO	3	7	11	9	9	3	6	6,9	2,4	T
ST 797 IPRO	12	4	2	3	16	14	15	9,4	5,5	MT
RK 8115 IPRO	20	13	9	11	8	17	11	12,7	3,4	MT
RK 6719 IPRO	10	19	12	14	15	10	14	13,4	2,4	MS
RK 7518 IPRO	22	12	18	17	20	16	20	17,9	2,4	MS
RK 8317 IPRO	17	5	5	5	10	24	17	11,9	6,4	MT
M 5917 IPRO	4	3	1	2	1	15	3	4,1	3,1	T
NS 8399 IPRO	16	23	23	23	25	25	25	22,9	2,0	S
NS 7007 IPRO	8	17	10	12	4	18	10	11,3	3,8	MT
NS 7505 IPRO	18	15	24	24	6	19	13	17,0	4,9	MS

† T = refere-se a um cultivar de soja tolerante ao estresse salino, recebendo pontuação média do ranqueamento (\bar{R}) de 1 a 7,0; MT = cultivar moderadamente tolerante com pontuação média do ranqueamento (\bar{R}) de 7,1 a 13,0; MS = cultivar moderadamente suscetível com pontuação média do ranqueamento (\bar{R}) de 13,1 a 19,0; S = cultivar de soja suscetível ao estresse salino com a pontuação média do ranqueamento (\bar{R}) de 19,1 a 25. Fonte: Os autores.

A análise multivariada de agrupamento hierárquico dos 25 cultivares, com base em todos os índices de tolerância de estresse salino, agrupou os cultivares de soja em quatro grupos contendo 4, 8,

8 e 5 cultivares (Figura 3). O primeiro grupo representou os cultivares com os menores índices de tolerância de estresse e, portanto, foi considerado o grupo dos cultivares suscetíveis ao estresse salino. O segundo grupo representou os cultivares com os maiores índices de tolerância de estresse e, assim, foram classificados como os cultivares tolerantes ao estresse salino. Por sua vez, o terceiro e quarto grupo representou os cultivares com valores intermediários dos índices de tolerância de estresse e, portanto, os cultivares pertencentes a esses grupos foram classificados como moderadamente tolerante e moderadamente suscetível à salinidade, respectivamente.

Diante do exposto, os cultivares TMG 7067 IPRO, 98R50 IPRO, 98R35 IPRO, ST 777 IPRO, TMG 2383 IPRO, M 5917 IPRO, 98R31 IPRO e ST 797 IPRO foram classificados como os mais tolerantes ao estresse salino, ao passo que os cultivares HO Cristalino IPRO, HO Paranaíba IPRO, BMX Foco IPRO e NS 8399 IPRO foram classificados como as mais suscetíveis ao estresse salino (Figura 3).

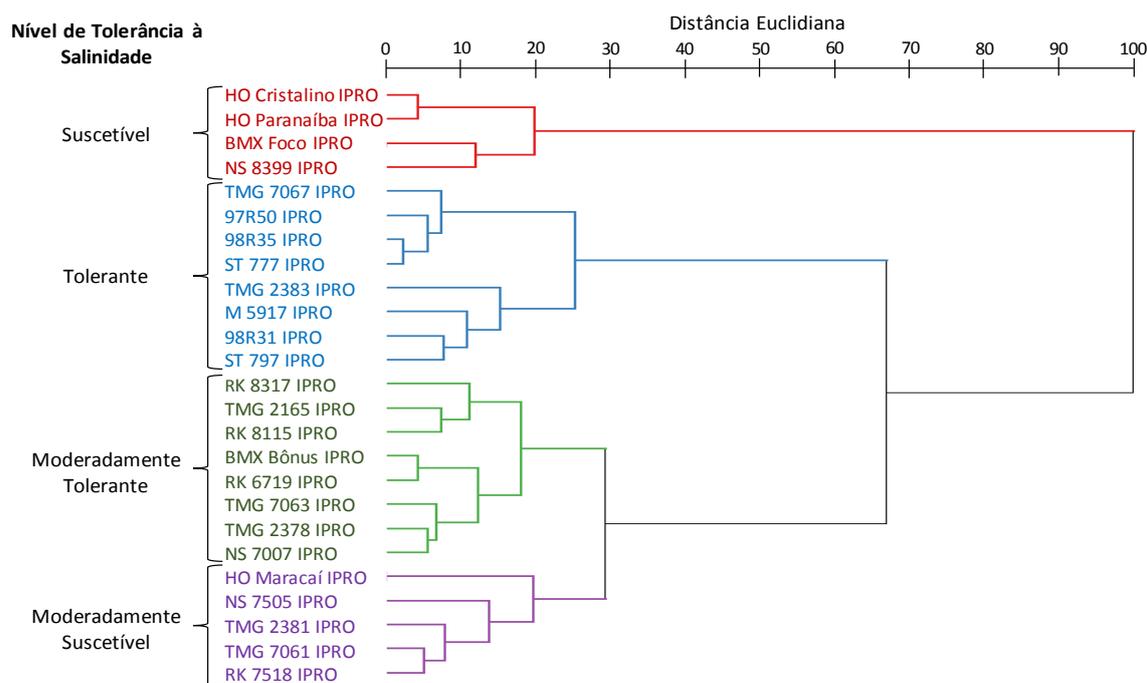


Figura 3. Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico dos 25 cultivares de soja com base na distância Euclidiana e no método de variância mínima de Ward utilizando os índices de tolerância de estresse salino (ITE-G, ITE-CPA, ITE-CR, ITE-CT, ITE-MSPA, ITE-MSR e ITE-MST). UEMS/Cassilândia, 2019. Fonte: Os autores.

O primeiro componente principal explica 72,59% da variação total, e de acordo com a os valores dos autovetores, os pesos dos índices ITE-CR (-0,513), ITE-MSR (-0,441), ITE-CT (-0,412), ITE-

2, Figuras 3 e 4). Além destes, os cultivares ST 797 IPRO e TMG 7067 IPRO também foram classificados como tolerante ao estresse salino pelos métodos da análise de agrupamento hierárquico e análise dos componentes principais (Figuras 3 e 4). Por outro lado, os cultivares de soja NS 8399 IPRO, HO Paranaíba IPRO, HO Cristalino IPRO e BMX Foco IPRO foram classificados como suscetíveis ao estresse salino pelos três métodos de análise multivariada utilizados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cultivares de soja TMG 2383 IPRO, 98R31 IPRO, 98R35 IPRO, ST 777 IPRO, M5917 IPRO, ST 797 IPRO e TMG 7067 foram classificados com maior tolerância à salinidade, e são os cultivares mais indicados para serem semeados em condições de alta concentração de sais na solução do solo.

Os cultivares de soja NS 8399 IPRO, HO Paranaíba IPRO, HO Cristalino IPRO e BMX Foco IPRO possuem maior suscetibilidade ao estresse salino, e não devem ser recomendados para o cultivo em condições de solos salinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Motos JR, Ortuño MF, Bernal-Vicente A, Diaz-Vivancos P, Sanchez-Blanco MJ, Hernandez JA (2017). Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7: 1-18.
- Chhabra R (1996). *Soil salinity and water quality*. A.A. Balkema Publishers: Rotterdam, 283p.
- Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2020). *Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos*, v. 6, Safra 2019/2020. 81p.
- Dickie A, Magno I, Giampietro J, Dolginow A (2016). *Challenges and opportunities for conservation, agricultural production, and social inclusion in the Cerrado biome*. California Environmental Associates (CEA): San Francisco, CA-USA. 51p.
- Farshadfar E, Poursiahbidi MM, Abooghadareh ARP (2012). Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(13): 891-903.
- Ferreira DF (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6): 1039-1042.
- Gheyi HR, Dias NS, Lacerda CF (2010). *Manejo da Salinidade na Agricultura*. Estudos Básicos e Aplicados. INCT Sal.: Fortaleza, 472p.
- Hillel D (1971). *Soil and water: physical principles and process*. New York: Academic Press, 288p.
- Ibrahim EA (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192: 38-46.

- Jaleel CA, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Al-Juburi HJ, Somasundaram R, Panneerselvam R (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture Biology*, 11(1): 100-105.
- Naghavi MR, Pour-Aboughadareh A, Khalili M (2013). Evaluation of drought tolerance indices for screening some of corn (*Zea mays* L.) cultivars under environmental conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 5(3):388-393.
- Partheeban C, Chandrasekhar CN, Jeyakumar P, Ravikesavan R, Gnanam R (2017). Effect of PEG induced drought stress on seed germination and seedling characters of maize (*Zea mays* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5): 1095-1104.
- Patanè C, Saita A, Sortino O (2013). Comparative effects of salt and water stress on seed germination and early embryo growth in two cultivars of sweet sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199: 30-37.
- Petrović G, Jovičić D, Nikolić Z, Tamindžić G, Ignjatov M, Milošević D, Milošević B (2016). Comparative study of drought and salt stress effects on germination and seedling growth of pea. *Genetika*, 48(1): 373-381.
- Roychoudhury A, Paul S, Basu S (2013). Cross-talk between abscisic acid-dependent and abscisic acid-independent pathways during abiotic stress. *Plant Cell Reports*, 32(7): 985-1006.
- Soares MM, Santos-Junior HC, Simões MG, Pazzin D, Silva LJ (2015). Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45(4): 370-378.
- Steiner F, Zuffo AM, Busch A, Sousa TO, Zoz T (2019). Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49: e54353.
- Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed: Porto Alegre, 858p.
- Zuffo AM; Steiner F, Aguilera JG, Teodoro PE, Teodoro LPR, Busch A (2020). Multi-trait stability index: A tool for simultaneous selection of soya bean genotypes in drought and saline stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206: 1-8.

ÍNDICE REMISSIVO

- A**
- adaptação, 122, 124
ajuste, 99, 100, 144
aluminum tolerance, 77
análise multivariada, 35, 38
- B**
- biossólido, 95, 101, 102, 109, 110, 111
- C**
- Cucumis sativus* L., 80, 81, 85, 88, 90, 91
- E**
- estresse salino, 5, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
estresse vegetal, 100
- G**
- Glycine max*, 7, 11, 24, 25, 26, 28, 33, 35, 52
- I**
- índice de tolerância de estresse, 31, 32, 34
- J**
- Jatropha curcas* L., 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78
- O**
- osmotic stress, 86
- R**
- resíduos sólidos, 96, 113
root growth, 40, 41, 45, 68, 69, 72, 74, 76
- S**
- salinity*, 38, 39, 51, 80, 81, 83, 84, 86, 87, 89, 91, 92, 93, 94, 115, 145, 146, 147
seed germination, 39, 41, 52, 81, 83, 84, 86, 87, 92, 113, 136, 145
seed priming, 38, 93
solos salinos, 26, 38
substrato, 66, 97, 101, 103, 105, 109, 110, 111, 116, 117, 137
sucessão, 126
- T**
- tolerância ao fogo, 119
- V**
- vermicompostagem, 102, 109, 113

Fábio Steiner



Doutor em Agronomia - Agricultura (UNESP - Botucatu). Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) e Graduado em Agronomia (UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon). Professor, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul em Cassilândia.

Contato: steiner@uems.br

ISBN 978-658831902-4



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br