

JANINE FARIAS MENEGAES
UBIRAJARA RUSSI NUNES
ORGANIZADORES

Sementes

**FOCO EM PESQUISA SOBRE
QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA**



Pantanal Editora

2021



Janine Farias Menegaes
Ubirajara Russi Nunes
Organizadores

SEMENTES

**FOCO EM PESQUISA SOBRE QUALIDADE FISIOLÓGICA E
SANITÁRIA**



Pantanal Editora

2021

Copyright® Pantanal Editora
Copyright do Texto® 2021 Os Autores
Copyright da Edição® 2021 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. Imagens de capa e contra-capa: Canva.com

Revisão: O(s) autor(es), organizador(es) e a editora

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adailson 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. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- 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. Dra. Patrícia Maurer
- 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
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
S471	<p>Sementes [recurso eletrônico] : foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária / Organizadores Janine Farias Menegaes, Ubirajara Russi Nunes. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2021. 135p.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-88319-43-7 DOI https://doi.org/10.46420/9786588319437</p> <p>1. Sementes. 2. Fitotecnia. 3. Agricultura. I. Menegaes, Janine Farias. II. Nunes, Ubirajara Russi.</p> <p style="text-align: right;">CDD 635.3</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos e-books e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es) e não representam necessariamente a opinião da Pantanal Editora. Os e-books e/ou capítulos foram previamente submetidos à avaliação pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação. O download e o compartilhamento das obras são permitidos desde que sejam citadas devidamente, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, exceto se houver autorização por escrito dos autores de cada capítulo ou e-book com a anuência dos editores da Pantanal Editora.



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

O e-book Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária de publicação da Pantanal Editora, apresenta, em seus nove capítulos, os resultados de pesquisas desenvolvidas aos longo dos últimos anos no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS e parceria aos Cursos de Graduação e Pós-Graduação do Centro de Ciências Rurais da UFSM, sendo coordenadas pelo professor Dr. Ubirajara Russi Nunes.

As pesquisas na Área de Sementes tem contemplado as necessidades de desenvolvimento do Setor Agrônômico Brasileiro, os presentes capítulos são resultados destas pesquisas, as quais são realizadas por mestrandos e doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM, bem como trabalhos de conclusão de curso (TCC) de acadêmicos do Curso de Agronomia da UFSM, entre outros cursos desta e de outras instituições parceiras, com financiamento em parte pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) ambos vinculados ao Ministério da Educação.

Deste modo, pela presente obra buscamos divulgar os resultados de nossas pesquisas e contribuir para a sua aplicabilidade no Setor Agrônômico, de forma a promover um manejo sustentável e rentável ao meio rural.

Ótima leitura e atenciosamente,

Janine Farias Menegaes
Ubirajara Russi Nunes



“Cada escolha, por menor que seja, é uma forma de semente que lançamos sobre o canteiro que somos” (Pe. Fábio de Melo).

SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo I.....	7
Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cártamo submetidas a tratamentos termoterápicos.....	7
Capítulo II	23
Substratos para testes de emergência de plântulas de celosia armazenadas por diferentes períodos.....	23
Capítulo III.....	37
Qualidade fisiológica de sementes de sorgo sacarino produzidas em arranjos de plantas e épocas de semeadura	37
Capítulo IV	52
Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de sorgo sob concentrações de cobre	52
Capítulo V.....	65
Qualidade de sementes de <i>Lolium multiflorum</i> analisadas pelos laboratórios credenciados no Estado do Rio Grande do Sul.....	65
Capítulo VI	78
Fotoblastismo e temperatura na germinação de sementes de <i>Luffa cylindrica</i>	78
Capítulo VII.....	91
Qualidade fisiológica de sementes de quinoa armazenadas por diferentes períodos	91
Capítulo VIII	103
Teste de frio em diferentes substratos para avaliação do vigor em sementes de <i>Lagenaria siceraria</i>	103
Capítulo IX.....	117
Patologia de sementes conceitos e aplicações: uma revisão de literatura.....	117
Índice Remissivo	134
Sobre os organizadores.....	135

Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de sorgo sob concentrações de cobre

 10.46420/9786588319437cap4

Rafaella Gai dos Santos^{1*} 
Eduardo José Ludwig² 
Janine Farias Menegaes³ 
Joner Silveira Dalcin⁴ 
Mariane Comiran⁵ 
Natalia Tobin Aita⁵ 
Tiéle Stuker Fernandes⁴ 
Ubirajara Russi Nunes⁶ 

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pertencente à família Poaceae, é o quinto cereal mais cultivado no mundo, vindo logo depois do trigo (*Triticum* spp.), do arroz (*Oryza sativa* L.), do milho (*Zea mays* L.) e da cevada (*Hordeum vulgare* L.) (FAO, 2007; CONAB, 2015). É uma gramínea anual, com colmos eretos, dispostos em forma de touceira e suculentos; folhas com 25 a 50 mm de largura e 50 a 100 cm de comprimento, sua inflorescência é uma espiga terminal, contraída ou não, com curtas ramificações. Adaptada ao clima temperado e tropical, com ciclo vegetativo curto, podendo ser cultivada em solos arenosos (Magalhães et al., 2000; Lima Filho, 2014).

Nos países da África, o sorgo é uma das principais fontes de amido para a alimentação humana, porém no Brasil é utilizado, principalmente, na alimentação animal como planta forrageira. Nessa última categoria, a planta pode ser utilizada de diversas formas: seus grãos em formulações de concentrados para monogástricos e ruminantes; a planta inteira, cortada verde, silagem e, ainda na forma de pastejo (FAO, 2007).

A atual planta de sorgo é resultado de muita pesquisa e domesticação feita pelo homem, assim se apresentam com finalidades diferentes, como granífero, sacarino, vassoura e forrageiro. Dentre as forragens, mais comumente disponibilizadas para o consumo animal, o sorgo forrageiro foi introduzido em diversas regiões, principalmente onde havia dificuldade na produção de outros tipos de cereais visando

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão.

² UFSM, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

³ UFSM, Dr.^a Docente voluntária do Departamento de Fitotecnia.

⁴ Dr.(a) colaborador(a).

⁵ M.e. colaboradora.

⁶ UFSM, Dr. Docente do Departamento de Fitotecnia.

*Autor correspondente: rafaellagai7@gmail.com

esta mesma destinação. Em locais com escassez hídrica, por exemplo, a cultura do milho não expressa seu potencial produtivo tal qual o sorgo forrageiro, pois esse é considerado rústico e de elevado potencial de produção (Ribas, 2003; Pereira Filho et al., 2015).

Visando encontrar maiores informações quanto a adaptabilidade do sorgo forrageiro a diferentes condições de cultivo, acompanhou-se o desenvolvimento das plântulas e plantas de sorgo submetidas à diferentes doses de cobre (Cu). O micronutriente em questão é um cátion ativador e componente de enzimas, auxilia na fotossíntese e transpiração da planta. Dependendo de sua concentração, pode atuar de maneira tóxica no vegetal, ao modo que inibi a absorção de outros cátions (Kabala; Singh, 2001; LABORSOLO, 2003) afetando o balanço nutricional da planta e, conseqüentemente, seu desempenho produtivo.

O cobre é considerado um micronutriente essencial para as plantas, mas também é um metal pesado, por possuir densidade igual a $8,96 \text{ g cm}^{-3}$, a alta concentração de cobre na solução do solo pode ser tóxica às plantas, aos animais e aos homens. Esse elemento pode proporcionar alterações drásticas nos tecidos vegetais, em nível bioquímico e fisiológico, os quais podem resultar em perdas consideráveis para o potencial produtivo das plantas (King, 1996; Faust; Christians, 2000).

A interação do cobre no solo é um processo físico-químico importante na redução de sua mobilidade e, conseqüentemente, da sua disponibilidade. Entretanto o tipo de solo, aliado às práticas agrícolas que proporcionem alterações de pH (pH ácido → aumenta solubilidade do cobre) e perda de matéria orgânica do solo, facilita a mobilidade desse elemento e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático (Alva et al., 2000; Kabala; Singh, 2001).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de sorgo submetidos a diferentes concentrações de Cu.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de setembro a dezembro de 2016, em duas etapas, a primeira no Laboratório Didático de Pesquisa em Sementes e a segunda na estufa do Setor de Olericultura, ambos no Departamento de Fitotecnia no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado em Santa Maria, RS (29°43' S; 53°43' W e altitude de 95m). O clima na região é subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen-Geiger, com precipitação média anual acumulada de 1.769 mm, temperatura média anual próxima de 19,2 °C e umidade do ar em torno de 78,4% (Alvares et al., 2013).

Na primeira etapa, no Laboratório Didático de Pesquisa em Sementes, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5 (substratos e concentrações de Cu), com quatro repetições de 50 sementes. Os substratos foram papel germiteste e areia de textura média, essa última

isenta de impurezas, fungos e bactérias, passou pela tríplice lavagem e esterilização em laboratório. As concentrações de Cu foram de 0; 100; 200; 300 e 400 μM na forma de sulfato de cobre (CuSO_4).

O lote de sementes híbridas de sorgo da cultivar forrageiro AG 2501C[®] é oriundo da safra 2015/2016, esse lote apresentava 14,1% de grau de umidade, 25 g de peso de mil sementes (PMS), 43% de primeira contagem (PCG) e 47% de germinação (GER), de acordo com os testes preliminares estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) (Figura 1).

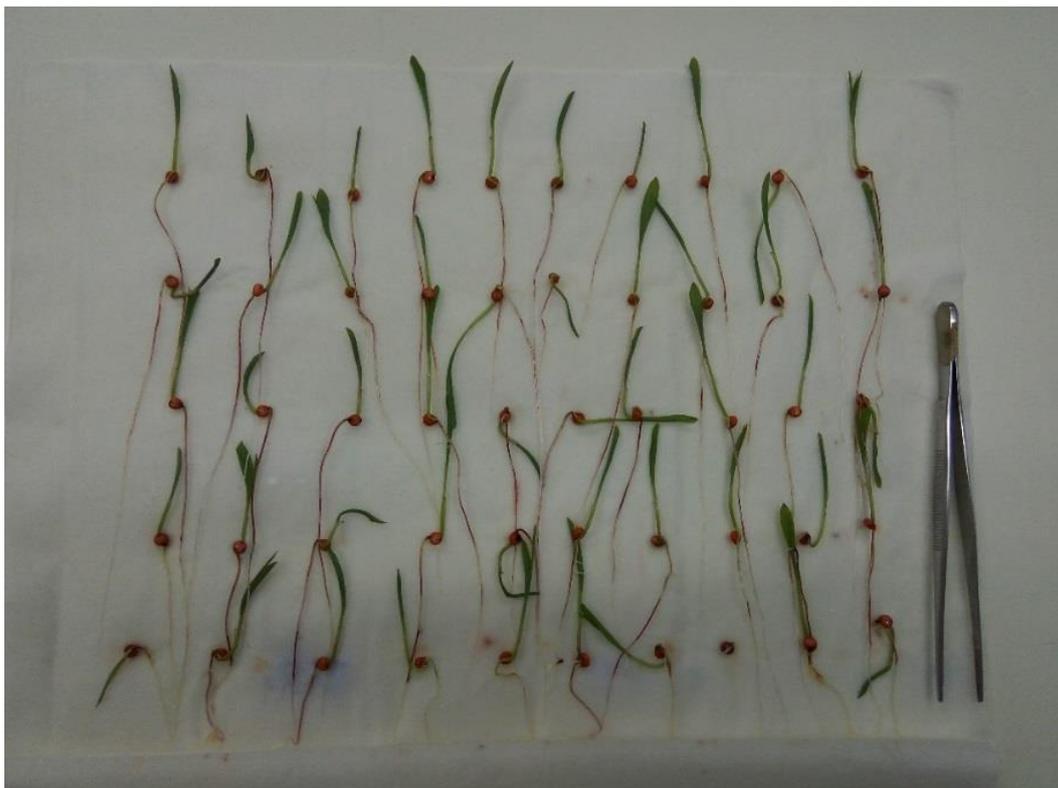


Figura 1. Visualização das sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) ao final do Teste Padrão de Germinação. Fonte: os autores.

Na sequência avaliaram-se as características das sementes pelos seguintes testes:

Testes padrão de germinação (TPG): em dois substratos. No primeiro, a semeadura em papel germiteste ocorreu com o umedecimento de 2,5 vezes o seu peso em solução de água destilada contendo a dose de cobre respectiva a cada tratamento (Brasil, 2009). Os rolos foram armazenados em estufa incubadora B.O.D. (Box Organisms Demand) à 25 °C e fotoperíodo de 24 h, durante 10 dias. No segundo, a semeadura em areia ocorreu após a esterilização da mesma, utilizou-se copos plásticos de 200 gramas, as sementes foram alocadas em cada recipiente a 2 cm da superfície e irrigadas com solução de cobre para a manutenção de 70% da capacidade de retenção. Seguindo o teste padrão de germinação e primeira contagem, os frascos foram mantidos em B.O.D. a 25 °C, obedecendo o intervalo de dois dias, efetuou-

se a irrigação seguindo os tratamentos já apresentados. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais germinadas aos 4 e 10 dia após a semeadura (DAS), para o teste de vigor em primeira contagem (PCG) e germinação total (GER) (Brasil, 2009).

Teste de comprimento de raiz e parte aérea: utilizando régua milimétrica, avaliou-se o comprimento médio das dez primeiras plântulas normais obtidas a partir do teste de vigor.

Teste de massa seca de raiz e parte aérea: obtida com base nas plântulas em que foram mensurados os comprimentos anteriormente descritos. Separadamente, a porção radicular e parte aérea foram inseridas em sacos de papel e mantidas por 48 h em estufa a 65°C. Após esse período, as amostras foram pesadas em balança digital (0,001 g) Nakagawa (1999).

Na segunda etapa, na estufa do Setor de Olericultura, o experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, contendo cinco tratamentos com diferentes doses de Cu em 0; 60; 120; 180 e 240 μM , na forma de CuSO_4 , com quatro repetições, cada unidade experimental foi constituída de um vaso de 5 kg contendo solo. A semeadura foi efetuada em ambiente de segundo cultivo, sucedendo a cultura da aveia-preta (*Avena strigosa* L.), utilizou-se sete sementes por vaso.

O solo utilizado foi coletado no município de Santana do Livramento, localizado na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, em área de campo nativo próximo a território de produção de uvas (*Vitis vinifera* L.). Após coletado, foram retiradas amostras e efetuada análise de solos, na sequência foi realizada correção de pH, adubação de fósforo (P) e potássio (K) e determinação de cobre inicial. A partir dos resultados, incubou-se as doses de 0; 60; 120; 180 e 240 μM de cobre na forma de CuSO_4 , conforme metodologia de Comiram (2017). Posterior a colheita da aveia-preta foi efetuada nova análise de solo e semeadura do sorgo, com as quantidades resultantes de cobre de 1,052; 3,977; 6,778; 10,269 e 13,399 mg dm^{-3} , para a incubação supracitada de 0; 60; 120; 180 e 240 μM , respectivamente.

Teste de emergência realizado na estufa: os vasos, contendo 5 Kg de solo e as suas respectivas dosagens de CuSO_4 , foram dispostos aleatoriamente em uma bancada, a semeadura ocorreu a 2 cm de profundidade, ao 10 DAS, foi efetuado o desbaste deixando apenas cinco plantas por vaso. A irrigação com água ocorreu no intervalo de dois dias por meio de pesagem dos vasos, para manter a capacidade de campo em 70% (Kämpf et al., 2006). O experimento foi conduzido por 30 dias, e após a desinstalação do mesmo, efetuou-se a mensuração de teores de clorofilas totais, parâmetros biométricos das plantas e a massa seca de raiz e parte aérea, separadamente.

Conteúdo de clorofilas totais e parâmetros biométricos: utilizou-se o medidor eletrônico de clorofila CLOROFILOG® (Falker) para mensurar o teor de clorofilas totais das plantas de sorgo. A leitura resulta em gramas por área foliar (g cm^{-2}) e foi executada em três plantas por vaso, no terço médio superior da 4ª folha. O parâmetro biométrico foi aferido pela altura dessas plantas e verificado o número de folhas que cada uma apresentava.

Avaliou-se a altura das plantas aferidas por régua milimetrada, a massa seca de raiz e parte aérea foram obtida com base nas plântulas em que foram mensurados os comprimentos anteriormente descritos. Separadamente, a porção radicular e parte aérea foram inseridas em sacos de papel e mantidas por 48 h em estufa a 65 °C. Após esse período, as amostras foram pesadas em balança digital (0,001 g) Nakagawa (1999).

Os dados expressos em porcentagem foram transformados em $\arcsen\sqrt{x/100}$ (arco-seno). E, a análise de variância (ANOVA) e o análise de regressão ($p < 0,05$) foram realizados pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Germinação de sementes de sorgo em laboratório

Na Figura 2, verificou-se a decrescente qualidade fisiológica das sementes de sorgo forrageiro acompanhando o crescente acúmulo de Cu no ambiente de cultivo para todas as variáveis analisadas.

Observou-se que o efeito da dosagem de Cu ocasionou decréscimo na primeira contagem do TPG (4 DAS), evidenciando diferença entre os substratos testados (Figura 2a). A emergência em areia foi mais afetada pelas doses de Cu, em virtude da irrigação realizada para a manutenção de 70% da capacidade de retenção, já no substrato papel não houve a necessidade de nova hidratação. Martins (2007) verificou que a germinação de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) nos substratos de papel e areia obtiveram melhores índices de velocidade e porcentagem final de germinação. Corroborando com este trabalho, sorgo forrageiro, o substrato de papel em laboratório apresentou uniformidade de germinação em todas as doses de Cu testadas.

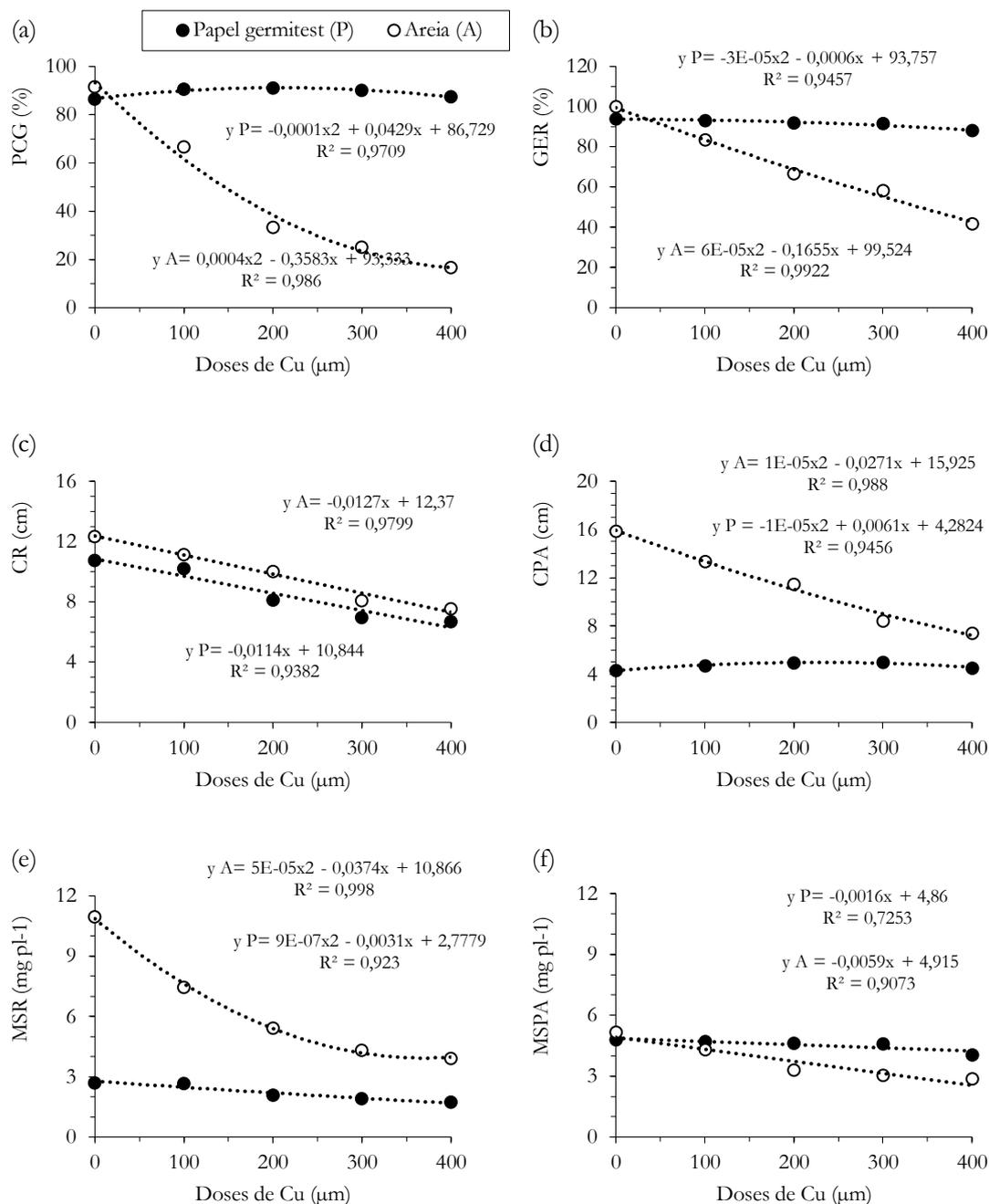


Figura 2. a) Primeira contagem (PCG), b) germinação (GER), c) comprimento radicular de plântula (CR), d) comprimento de parte aérea de plântula (CPA), e) Massa seca radicular (MSR) e f) massa seca de parte aérea (MSPA) de sorgo (*Sorghum bicolor*) em função de diferentes doses de cobre, no papel de germiteste e areia. Santa Maria, RS, 2017. Fonte: os autores.

A germinação do sorgo forrageiro em 10 DAS (Figura 2b) no substrato de papel foi similar entre as doses de Cu, já em substrato de areia houve um decréscimo da germinação do sorgo forrageiro em comparação ao substrato de papel nas mesmas condições ambientais. Para Figliolia et al. (1993) e Kämpf et al. (2006), a função da aeração, estrutura, capacidade de retenção de água, entre outros, do substrato influencia diretamente no poder germinativo, podendo favorecer ou não a germinação das sementes.

Também, atribui-se tal redução devido as sucessivas irrigações no substrato areia terem sido com solução de sulfato de cobre, aumentando a concentração resultante.

Observou-se que os comprimentos radiculares nos dois substratos testados foram similares em todas as doses de Cu aplicadas (Figura 2c). Isso se deve a baixa mobilidade do Cu na planta, o qual tende a concentrar-se mais na parte radicular evitando danos fisiológicos em parte aérea da plântula. Pode-se verificar que em parte aérea (Figura 2d) no substrato areia com mais frequência na aplicação de Cu em relação ao substrato de papel.

Na Figura 2e, observou-se maior quantidade de massa seca radicular em plântulas resultantes do teste em substrato de areia, respaldando as informações anteriormente fornecidas. Como observado por Seidel et al. (2009) e Menegaes et al. (2019), o Cu afetou negativamente a produção de matéria seca de plantas de milho e de cravina (*Dianthus chinensis* L.) respectivamente, com menores produções de MSPA devido à fitotoxicidade causada pelo micronutriente (Figura 2f).

O Cu é micronutriente essencial para que as plantas completem seu ciclo vital, ou seja, produzam sementes viáveis (IPNI, 2007). Porém, em excesso, pode prejudicar o bom desenvolvimento das estruturas vegetativas, bem como existem evidências de que este elemento inibe a absorção de zinco (Zn) (Bowen, 1969) e ferro (Fe) (LABORSOLOS, 2013) (Figura 3a). O primeiro exerce papel importante no metabolismo de carboidratos e, conseqüentemente, no crescimento das plantas, portanto a inibição de tal assimilação revela o déficit de desenvolvimento do vegetal. O segundo age como catalisador na constituição da clorofila e na transferência de energia durante o processo de fotossíntese (IPNI, 2007). Dessa forma, em ambos os bloqueios, o resultado é a minimização do crescimento radicular e vegetativo da planta.

Através do aumento da dose de cobre presente nos tratamentos procurou-se ocasionar diferentes níveis de estresse ao sorgo forrageiro, sendo tal termo definido como um estado de tensão de um organismo capaz de ocasionar alterações no comportamento em virtude de uma sobrecarga conforme preconizado por Barceló e Poschenrieder (1992), ou em condições externas que influenciam negativamente o desenvolvimento e a produtividade da planta como exposto por Shinozaki et al., (2015).

De acordo com Couto et al. (2015), que optaram por representar tal excedente devido à utilização de fertilizantes orgânicos que, através de suas sucessivas aplicações, contribuem para o acúmulo de cobre no solo. Além disso, para Brunetto et al. (2014), em função da aplicação de fungicidas cúpricos como a calda bordalesa em videiras, os elementos administrados sob as folhas escoam em direção ao solo, acumulando-se na superfície do último, ocasionando toxidez às plantas.



Figura 3. a) Folha jovem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) retirada do teste de emergência em estufa em que se pode observar a deficiência de Fe ocasionada pelo excesso de Cu na planta tratamento. b) Plântulas de sorgo após TPG em rolos de papel germiteste, cada exemplar situa-se a direita da indicação de seu respectivo tratamento. Fonte: os autores.

Para Faville et al. (1999), o rendimento elevado de uma planta é definido pela sua capacidade em produzir fotoassimilados ou direcionar porções desses carboidratos aos órgãos de interesse comercial. Tratando-se de sorgo forrageiro, a parte aérea da planta é a mais visada e sua produtividade está relacionada à altura da mesma, podendo servir como pastagem verde para animais ou até mesmo para silagem. Para que o vegetal apresente um bom desenvolvimento vegetativo, faz-se necessária eficácia na absorção de nutrientes do solo, para tal processo o desenvolvimento radicular desempenha papel primordial. Na Figura 3b visualiza-se que a elevação da concentração do metal ocasionou gradativa perda de vigor e paralisação do crescimento das raízes. Resultados similares foram observados por LABORSOLOS (2013) e Menegaes et al. (2019) indicando insatisfatório desenvolvimento de parte aérea.

De acordo com Ferreira (2015), o Cu quando presente no solo em sua forma solúvel, pode ser facilmente assimilado pelos organismos através das membranas celulares, em concentrações que podem levar a toxicidade. Para Lanaras et al. (1993) e Bueno e Piqueras (2002), esses teores excessivos danificam essas membranas por meio da peroxidação de lipídios comprometendo a atividade fotossintética. Foi observado por Giroto (2010) redução do crescimento e aumento da peroxidação lipídica à medida que doses Cu apresentavam-se acrescidas, essa foi estimada pelo método de El-Moshaty et al. (1993), por

intermédio da determinação da concentração de malondialdeído (MDA), como produto da peroxidação lipídica pela reação com ácido tiobarbitúrico (TBA).

Desenvolvimento inicial de plantas de sorgo em solos com residual de cobre

Depois do cultivo de aveia-preta em solos sob incubação de doses de Cu por meio de sulfato de cobre, efetuou-se a semeadura do sorgo forrageiro no mesmo local. A Figura 4 expõe os dados meteorológicos de umidade relativa do ar e temperatura média referentes ao período experimental, coletados na estação convencional localizada na UFSM e retirados do histórico de armazenamento online do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), em comparação as informações de consumo de água, todas notas foram agrupadas seguindo o intervalo entre as irrigações.

Observou-se o maior consumo de água seguido das elevações de temperatura e redução da taxa de umidade relativa do ar (Figura 4), fato atribuído ao conceito de Evapotranspiração da Cultura (ETc), sendo a transpiração real da mesma em qualquer estágio fenológico (Pereira Filho et al., 2015).

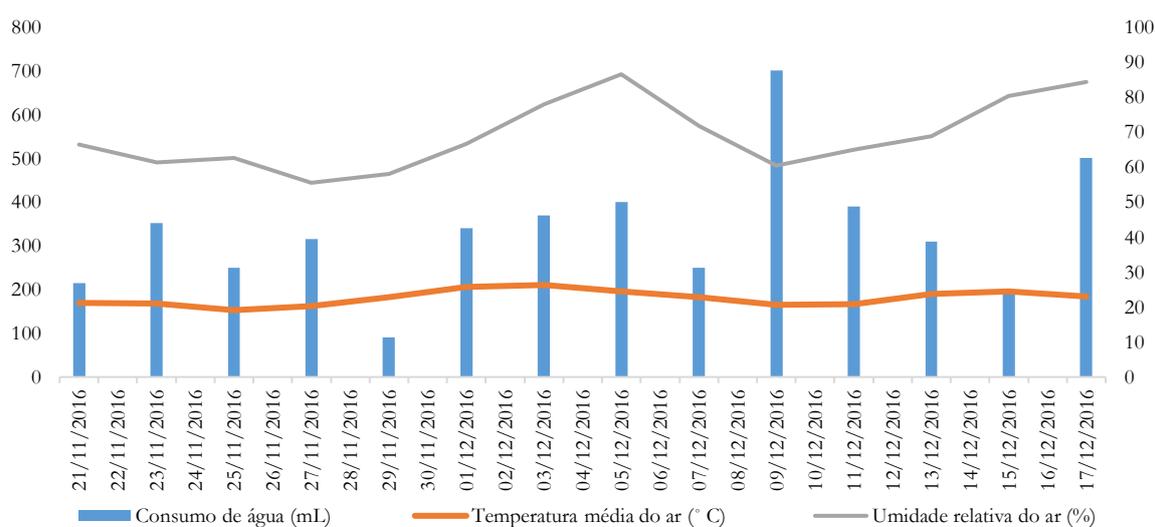


Figura 4. Médias de temperatura, umidade relativa do ar e consumo de água do sorgo forrageiro no período em que o experimento se encontrava em estufa. Fonte: INMET, 2016.

Para Franco et al. (2010), se faz importante a manutenção da umidade no solo, pois quando reduzida, a planta gasta alta porcentagem de energia para absorver água a fim de promover o ciclo energético, tal carga poderá fazer falta na promoção da produtividade final.

Em solos de cultivo de videiras há grande fornecimento de adubação cúprica através de fungicidas comumente usados (Fregoni, 1980). Marschner (1995) observou que sob essas condições de cultivo as folhas apresentavam deficiência de zinco e que essa circunstância acarretava na redução na atividade da

enzima Cu/Zn superóxido dismutase (Cu/ZnSOD), favorecendo a diminuição no teor de clorofila e atividade fotossintética.

A Figura 5a apresenta essa correlação entre o aumento da concentração do micronutriente e a minimização dos teores de clorofila nas folhas. Para Alva et al. (2000) e Taiz e Zeiger (2009), a ausência do pigmento explica-se pelo fato da alta concentração de Cu ocasionar mudanças na estrutura das membranas dos tilacóides sendo essas as organelas que armazenam a clorofila.

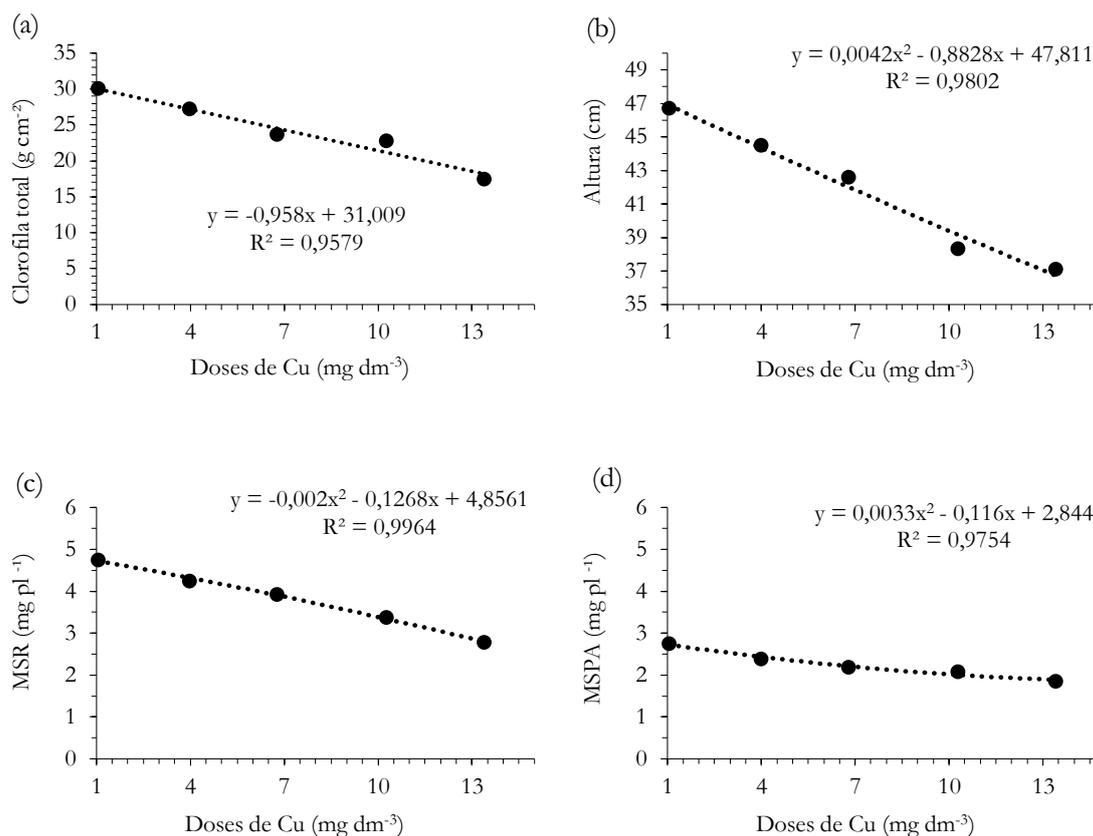


Figura 5. Conteúdo de clorofilas totais, altura das plantas, comprimento radicular de plantas (CR) e comprimento de parte aérea de plantas (CPA) de sorgo (*Sorghum bicolor*) em função de diferentes doses de cobre. Santa Maria, RS, 2017. Fonte: os autores.

A fim de calcular a massa de forragem média disponível aos animais, consideram-se dados de massa desprovida de água para determinar sua disponibilidade, assim utilizado por Carvalho (2004). Através da Figura 5c, constata-se que doses elevadas de Cu acarretam em prejuízos ao incremento de massa radicular e, conseqüentemente, a minimização da oferta de parte aérea (Figura 5d) e pastagem aos animais, dessa forma, constata-se que o efeito residual no solo, após o cultivo da aveia preta, com as concentrações resultantes de cobre de 1,052; 3,977; 6,778; 10,269 e 13,399 mg dm⁻³ foram prejudiciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas de sorgo forrageiro. Resultados semelhantes aos destes trabalhos foram

encontrados por Menegaes et al. (2019) no cultivo de cravina como planta forrageira em ambientes de cultivo de videiras.

CONCLUSÃO

As concentrações de 100 a 400 μM de sulfato de cobre afetaram negativamente a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plantas de sorgo.

As concentrações residuais de cobre no solo de 1,052 a 13,399 mg dm^{-3} , após o cultivo de aveia-preta são prejudiciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas de sorgo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva AK et al. (2000). Soil pH affects copper fractionation and phytotoxicity. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 64(3): 955-962.
- Alvares CA et al. (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(1): 711-728.
- Barceló J, Poschenrieder C (1992). Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Suelo y Planta*, 2(2): 345-361.
- Bowen JE (1969). Absorption of copper, zinc, and manganese by sugarcane leaf tissue. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(1): 255-261.
- Brasil (2009a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília: MAPA. 395p.
- Brunetto G et al. (2014). Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended vineyard sandy soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(5): 609-624.
- Bueno P, Piqueras A (2002). Effect of transition metals on stress, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in tobacco cell cultures. *Plant Growth Regulation*, 36(1): 161-167.
- Carvalho PC (2004). Princípios básicos do manejo de pastagens. Grupo de Pesquisa Ecologia do Pastejo. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/gpep/index.php/capitulos-de-livros>>. Acessado em 30/05/2017. 2004.
- Comiram M (2017). Toxidez por cobre: reflexos na qualidade de sementes e no desenvolvimento inicial de aveia preta. Universidade Federal de Santa Maria (Dissertação), Santa Maria, 54p.
- CONAB (2015). Companhia Nacional de Abastecimento. Sorgo: conjuntura mensal. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_14_16_10_18_sorgojulho2015.pdf>. Acesso em: 17/05/2017.
- Couto RR et al. (2015) Accumulation of copper and zinc fractions in vineyard soil in the midwestern region of Santa Catarina, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 73(10): 6379-6386.

- FAO (2007). Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Sorghum and millets in human nutrition. 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/T0818E/T0818E00.htm>>. Acesso em: 18/06/2017.
- Faust MB, Christians NE (2000). Copper reduces shoot growth and root development of creeping bentgrass. *Crop Science*, Madison, 40(2): 498- 502.
- Faville MJ et al. (1999). Photosynthetic characteristics of three asparagus cultivars differing in yield. *Crop Science*, 39(1): 1070-1089.
- Ferreira DF (2014). Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2): 109-112.
- Ferreira T (2015). Biomarcadores enzimáticos e ecotoxicidade por cobre em *Eisenia andrei* (Bouché 1972). Universidade Federal de Santa Maria (Dissertação), Santa Maria, 67p.
- Figliolia MB et al. (1993). Análise de sementes. Aguiar IB et al. (Org.). Brasília: ABRATES, 137-174p.
- Franco R et al. (2010). Evapotranspiração do solo mais transpiração vegetal igual evapotranspiração. São Paulo: UNESP, 47p.
- Fregoni M (1980). Nutrizione e fertilizzazione della vite. Bologna: Edagricole, 418p.
- Giroto E (2010). Alterações fisiológicas e bioquímicas em plantas cultivadas em solos com acúmulo de cobre e zinco. Universidade Federal de Santa Maria (Dissertação), Santa Maria, 147p.
- IPNI (2007). International Plant Nutrition Institute. Micronutriente na fisiologia das plantas: Funções, absorção e mobilidade. London: Encarte Técnico, n. 118 (traduzido) 24p.
- Kabala C, Singh BR (2001). Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 30(2): 485-492.
- Kämpf NA et al. (2006). Floricultura - técnicas de preparo de substratos. Brasília: Tecnologia Fácil. 132p.
- King LD (1996). Soil heavy metals. Alvarez VH et al. (Org.). Viçosa, 823-836p.
- LABORSOLO (2003). Micronutrientes: Conhecendo o cobre. Disponível em <<http://www.laborsolo.com.br/site/dris/micronutriente-conhecendo-o-cobre/>>. Acess em 01/05/2017.
- Lanaras T et al. (1993). Plant metal content, growth responses and some photosynthetic measurements on fieldcultivated wheat growing on ore bodies enriched in Cu. *Physiologia Plantarum*, 88 (1): 307-314.
- Lima Filho OF (2014). Guia de Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Sorgo-Sacarino. Dourados: Circular Técnica, 14p.
- Magalhães PC et al. (2000). Fisiologia da planta do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 46p.
- Marschner H (1995). Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 889p.
- Martins CC et al. (2008). Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de pinhão-mansão. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(3): 863-868.

- Menegaes JF et al. (2019). Avaliação do potencial fitorremediador de cravina-chinesa cultivada em solo com excesso de cobre. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(4): 1353-1370.
- Nakagawa, J (1999). Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. Krzyzanowski FC et al. (Org.). Londrina: ABRATES. 1-24.
- Pereira Filho IA et al. (2015). *Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde Brasília: Embrapa*, 327 p.
- Ribas PM (2003). *Sorgo: introdução e importância econômica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo*, 14p.
- Seidel EP et al. (2009). Fitodisponibilidade de cobre e produção de matéria seca por plantas de milho em resposta à aplicação de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(1): 1871-1878.
- Shinozaki K et al. (2015). Responses to abiotic stress. Buchanan BB et al (Org.). Chichester: John Wiley & Sons, 1051-1100p.
- Taiz L, Zeiger E (2009). *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p.

ÍNDICE REMISSIVO

- A**
armazenamento de sementes, 35, 101, 102, 133
arranjos de plantas, 37, 38
azevém, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79
- C**
Carthamus tinctorius L., 7, 8, 19, 20, 22, 31, 101, 103
Celosia argentea L., 14, 23, 24, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 86
- Ch**
Chenopodium quinoa, 93, 102, 103, 104
- C**
clorofila, 55, 58, 61
combinações de temperaturas e fotoperíodos, 82, 86, 87, 88, 89, 90
- D**
doenças transmitidas por sementes, 119
- E**
emergência, 10, 11, 12, 14, 15, 19, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 45, 49, 55, 56, 59, 94, 97, 98, 100, 101, 102, 105, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 127
envelhecimento acelerado, 34, 44, 45, 50, 106, 117
- F**
frequências relativas de germinação, 32
fungos fitopatogênicos, 119
- G**
germinação, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 32, 35, 36, 38, 39, 42, 45, 47, 48, 49, 53, 54, 56, 57, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 90, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 121, 124, 127, 129, 130, 132, 133
- L**
Lagenaria siceraria (Mol.) Stand., 105
lotes, 9, 10, 12, 14, 15, 18, 25, 28, 29, 31, 32, 34, 38, 41, 42, 45, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 127
Luffa cylindrica L. M. Roem., 80
- O**
outras sementes por número, 69, 70
- P**
patologia de sementes, 119, 120, 125, 126, 131
plântulas de sorgo, 59
pureza, 66, 67, 68, 69, 72, 75, 76, 77
- Q**
qualidade de sementes, 27, 28, 34, 50, 62, 66, 68, 72, 78, 79, 95, 99, 119
- R**
regimes de iluminação, 82, 86, 87, 88, 89, 90
- S**
sanidade de sementes, 19, 119, 127, 132, 133
Sorghum bicolor L. Moench, 37, 54, 59
- T**
termoterapia via calor seco, 9, 10, 12, 14, 16, 18
termoterapia via calor úmido, 8, 10, 12, 14, 16, 18
tratamento de sementes, 8, 14, 19, 127, 129, 130

SOBRE OS ORGANIZADORES



Janine Farias Menegaes

- Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
- Mestrado em Engenharia Agrícola pela UFSM
- Doutor em Agronomia pela UFSM
- Especialista em Educação Ambiental pela UFSM
- Professora Voluntária do Departamento de Fitotecnia da UFSM, em Santa Maria, RS



Ubirajara Russi Nunes

- Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
- Mestre em Agronomia pela UFSM
- Doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
- Professor Associado do Departamento de Fitotecnia da UFSM, em Santa Maria, RS
- Professor Bolsista CNPq de Produtividade em Pesquisa

O e-book Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária de publicação da Pantanal Editora, apresenta, em seus nove capítulos, os resultados de pesquisas desenvolvidas ao longo dos últimos anos no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS e parceria aos Cursos de Graduação e Pós-Graduação do Centro de Ciências Rurais da UFSM, sendo coordenadas pelo professor Dr. Ubirajara Russi Nunes.

ISBN 978-658831943-7



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