



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
AGRONOMIA**

ÉRICA NATALIA DA CRUZ E SILVA

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULAS DE *Glycine max*
SUBMETIDAS A CONCENTRAÇÕES TÓXICAS E SUBTÓXICAS DE CÁDMIO E O
EFEITO PROTETOR DO BIOESTIMULANTE ACADIAN®.**

CHAPECÓ

2018

ÉRICA NATALIA DA CRUZ E SILVA

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULAS DE *Glycine max*
SUBMETIDAS A CONCENTRAÇÕES TÓXICAS E SUBTÓXICAS DE CÁDMIO E O
EFEITO PROTETOR DO BIOESTIMULANTE ACADIAN®.**

Trabalho de conclusão do curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Dr. Samuel Mariano Gislon da
Silva

CHAPECÓ

2018

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Silva, Érica Natalia da Cruz e
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULAS DE *Glycine max*
SUBMETIDAS A CONCENTRAÇÕES TÓXICAS E SUBTÓXICAS DE
CÁDMIO E O EFEITO PROTETOR DO BIOESTIMULANTE ACADIAN® /
Érica Natalia da Cruz e Silva. -- 2018.
40 f.

Orientador: Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia, Chapecó, SC , 2018.

1. Metais Pesados . 2. Contaminação . 3.
Bioestimulante . I. Silva, Dr. Samuel Mariano Gislon da,
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.
Título.

ÉRICA NATALIA DA CRUZ E SILVA

GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTULAS DE *Glycine max*
SUBMETIDAS A CONCENTRAÇÕES TÓXICAS E SUBTÓXICAS DE CÁDMIO E
O EFEITO PROTETOR DO BIOESTIMULANTE ACADIAN®.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção
de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

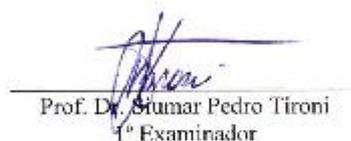
Orientador: Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
11/12/2018.

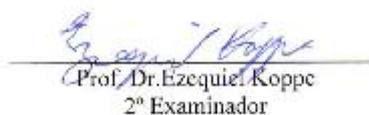
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva
Orientador



Prof. Dr. Sumar Pedro Tironi
1º Examinador



Prof. Dr. Ezequiel Koppe
2º Examinador

RESUMO

Quando realizada a aplicação de dejetos de suínos como adubo para o solo sem executar nenhum planejamento, aplicações repetidas podem exceder a capacidade de suporte dos solos. Isto pode ocasionar alterações nas concentrações de metais pesados, dentre eles o cádmio, que em teores elevados no solo pode ser caracterizado como extremamente tóxico. No entanto, o uso dos bioestimulantes pode diminuir os possíveis efeitos deste metal pesado em plantas de soja. Como esta cultura é de grande importância para a economia, é de grande relevância o estudo que demonstre os efeitos deste metal em teores tóxicos e subtóxicos. O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos de concentrações tóxicas e subtóxicas de cádmio sobre a germinação e crescimento de plântulas de soja utilizando o Bioestimulante Acadian[®] como possível protetor. Para tal, montou-se um ensaio em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com classificação cruzada e 4 repetições. As sementes foram condicionadas em saco plástico, onde foi inserida a dosagem de 24 mL/kg sementes do bioestimulante Acadian[®]. Em seguida as sementes foram divididas em quatro lotes de dezesseis repetições com cinquenta sementes, e cada repetição colocada em substrato de papel Germitest, previamente umedecido com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel. A água utilizada para a embebição dos 4 lotes foi acrescida de diferentes concentrações de cloreto de cádmio (CdCl₂), de maneira que as concentrações finais de cádmio fossem 0; 25; 50 e 100 mg/L, gerando quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinadores a temperatura constante de 25°C, sendo as avaliações realizadas em 4 repetições de cada tratamento no quarta, quinto, sexto e sétimo dias após a semeadura. Foram analisados os parâmetros vigor, viabilidade, velocidade de germinação e avaliações de crescimento. O cádmio foi tóxico em todas as concentrações utilizadas, sendo possível observar que o uso do bioestimulante não foi eficaz em proteger as sementes frente à toxicidade deste metal pesado.

Termos de indexação: Metais Pesados; Contaminação; Bioestimulante.

ABSTRACT

The use of pigs manure application in the field as a fertilizer to the soil without any planning, repeated applications may exceed the support capacity of the soil, causing changes in the concentrations of heavy metals, such as cadmium, that in high levels in the soil can be characterized as extremely toxic. However one proposals is the use of biostimulants, reducing the effects of this heavy metal in soybean plants. As this culture is of great importance for the economy, it is of big relevance the study that demonstrates the effects of this metal in toxic and subtoxic contents. The propose of the present work is to verify the effects of toxic and subtoxic concentrations of cadmium on the germination and growth of soybean seedlings using Acadian® Biostimulant. The seeds were conditioned in a plastic bag of 2 kg capacity, where the dosage of 24 mL / kg seeds of the Acadian® biostimulant was inserted. The seeds were then divided into four batches of sixteen replicates of fifty seeds and each replicate seeded on Germitest paper substrate, previously moistened with a volume of water corresponding to 2.5 times the paper weight. The water used to soak the 4 batches was increased by different concentrations of cadmium chloride (CdCl_2), so that the final concentrations of cadmium were 0.0, 25.0, 50.0 and 100.0 mg / L, generating four different treatments. The paper rolls were kept in germinators at a constant temperature of 25°C, and the evaluations were performed in 4 replicates of each treatment on the fourth, fifth, sixth and seventh days after sowing. The parameters vigor, viability, germination speed and growth evaluations were analyzed. Cadmium affected all the parameters in which they were evaluated, it was observed that the use of biostimulant had ineffective results when the seed is in an environment that occurs the presence of this heavy metal.

Keywords: Heavy Metals; Contamination; Biostimulant.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Germinação da soja apresentada em porcentagem (%) de plântulas normais, em função das doses de cádmio e época de avaliação, utilizando o bioestimulante Acadian®	17
Tabela 2 - Germinação de soja em função de doses de cádmio..	17
Tabela 3- Avaliação da germinação da soja apresentada em porcentagem de plântulas normais, em função das doses de cádmio, sem o bioestimulante Acadian®	18
Tabela 4 - Tamanho da raiz de soja (cm plantula ⁻¹) em função de doses de cádmio e época de avaliação após a semeadura, utilizando o bioestimulante Acadian®	19
Tabela 5 - Tamanho de raiz de soja (cm plantula ⁻¹) em função de doses de cádmio.....	19
Tabela 6-Comprimento das raízes (cm plântula ⁻¹) mensurado durante os ensaios de germinação para soja, em função das doses de Cádmio, sem o bioestimulante Acadian®.	21
Tabela 7 - Tamanho da parte aérea (cm plantula ⁻¹) em função de doses de cádmio e época de avaliação após a semeadura, utilizando o bioestimulante Acadian®	21
Tabela 8 - Tamanho médio da parte aérea (cm plantula ⁻¹) referentes ao efeito das doses de cádmio.....	22
Tabela 9 - Equação linear referente ao efeito das doses de cádmio sobre o tamanho da parte aérea (cm plantula-1).....	22
Tabela 10. Comprimento da parte aérea das plântulas de soja (cm plântula ⁻¹) mensurados durante os ensaios de germinação, em função das doses de Cádmio, sem o bioestimulante Acadian®	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3 OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4 MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES.....	14
4.2 OBTENÇÃO DO BIOESTIMULANTE.....	14
4.3 TRATAMENTOS.....	14
4.4 ENSAIO DE GERMINAÇÃO	14
4.5 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES	15
4.6 VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO	15
4.7 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO	15
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	24
APÊNDICES	29
ANEXOS	30

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil ocorre um aumento na área destinada ao cultivo de soja. Segundo dados da CONAB (2018) estimativas indicam que na safra 2017/18 o cultivo de soja apresentou um aumento da área em aproximadamente 3,3%, chegando a 35.022,8 mil hectares de áreas cultivadas, sendo caracterizada como uma espécie de grande importância agrícola nacional.

A cultura da soja possui tal importância devido ao comércio no mercado externo e, no mercado interno, sendo que a mesma atende a demanda da agroindústria, principalmente para a formulação de rações para a produção de aves e suínos.

O estado de Santa Catarina atualmente é o principal produtor nacional de carne suína, respondendo por aproximadamente 26% da produção nacional, e o Oeste Catarinense se destaca como a principal Região produtora, com 67% do rebanho (ABCS, 2016).

Devido aos sistemas de criação de suínos comumente utilizados, estes sistemas geram grandes quantidades de dejetos, se busca dar a melhor finalidade aos resíduos. Um dos métodos mais efetuados é a utilização como adubo do solo. Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração e seus componentes, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório (RIZZONI et al., 2012). De acordo com Mattias (2006), quando ocorre o uso contínuo destes, para adubação ou deposição sobre o solo, pode ocasionar em contaminações ambientais, de água em superfície e subsuperfície, contaminações no solo e elevar os teores de metais pesados no solo.

Os metais pesados ocorrem naturalmente nos solos, em concentrações ou formas que não oferecem risco para o ambiente. Todavia, nas últimas décadas, atividades antropogênicas têm elevado às concentrações de alguns metais pesados em diversos ecossistemas (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001). Atividades como, a aplicação de inseticidas, fungicidas, fertilizantes e práticas de correção de solo (com aplicação de fosfatos simples, triplos e/ou termofosfatos), são práticas comuns, e que se mal feitas podem acarretar sérios danos aos solos (FREITAS et al., 2009).

Entre os metais pesados presentes nos dejetos suínos, destacamos o Cádmio. O cádmio (Cd) é classificado como metal pesado, uma vez que se encontra no grupo dos elementos com densidade maior que 5 g/cm³, sendo considerado um dos principais contaminantes do ambiente e um dos mais tóxicos (BIZARRO, 2007).

Os bioestimulantes são a mistura de duas ou mais substâncias naturais ou sintéticas usadas em baixas concentrações, isoladas ou não que podem ser aplicadas em sementes,

plantas e solos provocando ou proporcionando alterações nos sistemas morfológicos, fisiológicos em processos vitais e estruturais por ação semelhante a hormônios vegetais que visam aumentar a produtividade e a qualidade do vegetal (CASTRO E VIEIRA, 2001).

Levando em consideração a deposição de dejetos e demais atividades antropogênicas, que podem elevar os níveis de metais pesados no solo, prejudicando todo um ciclo produtivo e econômico, é necessário que se tenha um esclarecimento sobre os efeitos do mesmo, em uma das culturas de grande importância econômica no país, como a soja. Este trabalho apresenta os dados das épocas de avaliação de germinação, tamanho de parte aérea e raiz de (*Glycine max*), submetidas a concentrações tóxicas e subtóxicas de cádmio, e o efeito protetor do bioestimulante Acadian[®].

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os solos são naturalmente compostos por vários elementos como sais minerais, organismos, matéria orgânica e outros componentes, entre eles os metais pesados, oriundos do intemperismo do material de origem. A origem dos metais presentes no solo pode ser litogênica ou antropogênica. Na origem litogênica eles ocorrem como constituintes de minerais primários em rochas ígneas, sedimentares e rochas metamórficas (DOMINGUES, 2009).

Em solos com influência antropogênica, as fontes de adição de metais pesados são as fábricas de fertilizantes, mineração, dejetos de animais, compostos de resíduos urbanos, fertilizantes e corretivos agrícolas, defensivos e outros produtos utilizados na agricultura (TEICHER, 2014).

Tem-se verificado, ao longo do desenvolvimento tecnológico mundial, uma contribuição crescente das fontes antropogênicas de metais para o solo, o que resulta na poluição de extensas áreas e no avanço do impacto negativo destes sobre o meio ambiente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Alguns metais pesados como cádmio, cromo, mercúrio e chumbo são fundamentais ao metabolismo em baixas concentrações, já em concentrações elevadas são considerados tóxicos (LIMA; MERÇON, 2011).

O metal pesado Cádmio, é assim classificado por estar no grupo dos elementos que possuem densidade maior que 5 g/cm^3 . Muitas vezes estes elementos são denominados de elementos traço, por serem encontrados naturalmente no ambiente em concentrações de poucas partes por milhão (BIZARRO, 2007).

A concentração e o acúmulo de metais pesados nos tecidos das plantas dependem de sua disponibilidade na solução do solo, pois a concentração desses na raiz e na parte aérea aumenta com o aumento da sua concentração na solução do solo (MARQUES et al., 2000).

O cádmio (Cd), quando presente no solo é mais facilmente absorvido pelas raízes das plantas. Acredita-se que, similarmente a outros metais pesados, o cádmio entra nas células vegetais através de transportadores de cátions com ampla especificidade de substrato (GUIMARÃES et al., 2008).

Este metal tende a ser móvel em solos e, portanto, disponível para as plantas. Facilmente absorvido pelo sistema radicular, o cádmio é translocado via xilema para parte aérea através da transpiração das plantas (BIZARRO, 2007).

De modo geral, a exposição das plantas a concentrações elevadas de cádmio causa

alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas e, resulta em rápido declínio da capacidade de absorção e acúmulo deste elemento pelas raízes, principalmente em função da redução generalizada do metabolismo (OLIVEIRA et al., 2001).

Motter (2017), observou em *Glycine max*, utilizando diferentes concentrações de cloreto de cádmio (CdCl_2), que houve redução significativa na germinação das sementes, e em plântulas ocorreu o decréscimo no comprimento de raiz, e tamanho de parte aérea.

O excesso do metal no tecido vegetal afeta primeiramente as membranas e proteínas bloqueando transportadores específicos de íons da raiz, embora diversos processos fisiológicos tais como respiração, fotossíntese, alongação celular, transporte e absorção da água, além da absorção e uso de K, Fe, Mg, Ca, Mn, Zn, P, S (MARTINS, 1984).

Cunha et al., (2008), demonstrou que ocorreu uma redução na produção de matéria seca da parte aérea, clorose, encarquilhamento e enrolamento das folhas de plantas de *Zea mays*, onde haviam diferentes dosagens de Cádmio, sendo que as plantas foram cultivadas em solo corrigido e não corrigido com calcário.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), Santa Catarina manteve a liderança no abate de suínos em 2017, com 26,6% do abate nacional. Nas últimas décadas, a suinocultura passou por profundas alterações tecnológicas, visando, principalmente, o aumento da produtividade e redução dos custos de produção. A produtividade, por animal e por área, aumentou consideravelmente, passando-se a produzir grandes quantidades de dejetos em pequenas extensões em determinadas regiões do país. Simultaneamente, iniciaram-se os problemas com destinos dos efluentes (LIMA, 2002).

Nos últimos anos, a aplicação não planejada de resíduos orgânicos e inorgânicos em solos agrícolas, com a finalidade de suprir a necessidade de certos nutrientes, tem provocado inúmeros impactos ambientais. Resíduos com altas concentrações de metais pesados, por exemplo, podem tornar uma área improdutiva devido às fitotoxicidades desses elementos (DOMINGUES, 2009).

Como a região possui uma economia que gira em torno dos ramos na agroindústria, sejam no cultivo de grãos, ou na criação de animais e demais atividades, a adequação as quantidades de resíduos destinados como adubo, deveriam ser devidamente restritas, ou seguindo os critérios de interpretação da análise de solo.

Dentre as novas tecnologias utilizadas que buscam incrementar a produtividade da cultura da soja, o uso de bioestimulantes vem obtendo grande destaque, essas substâncias que podem ser sintéticas ou naturais, de fácil aplicação podendo ser ministradas tanto em aplicações no solo, aplicações foliares e no tratamento de sementes (DOURADO NETO et al.,

2014).

Alguns bioestimulantes são produtos oriundos de algas marinhas, sendo que as mesmas possuem um reconhecimento como excelentes adubos e bioestimulantes naturais para as plantas (MOREIRA et al., 2005).

Estas substâncias compreendem as substâncias orgânicas, complexas e modificadoras do crescimento, capazes de atuar em fatores de transcrição da planta, na expressão gênica, em proteína de membrana e em enzimas metabólicas, afetando o metabolismo secundário, de forma a modificar a nutrição mineral e produzir precursores de fitohormônios, levando a síntese fitohormonal e a melhor resposta das plantas aos nutrientes (CASTRO, 2006).

Estes compostos utilizados na forma seca ou de extratos são obtidos através de processos de remoção dos componentes constituintes da biomassa de algas, e estão cada vez mais sendo utilizados na agricultura (STADNIK, 2006), com a finalidade de:

Estimular o crescimento de plantas em seus diferentes estágios;

Promover a capacidade antioxidante;

Estimular maior resistência aos estresses abióticos, como em solos de baixa fertilidade, períodos de calor, frio, secos e chuvas intensas;

Estimular respostas das plantas a doenças (ZODAPE, 2001; STADNIK, 2003).

Assim, produtos que possuam ação bioestimulante são responsáveis por melhorar o desenvolvimento de espécies vegetais e por consequência suas capacidades produtivas (CASTRO, 2006).

Santini et al., (2015) mostraram em seu trabalho com sementes de soja, que o uso de bioestimulantes Aminospeed Raiz[®] e Ultraseed[®] promoveu maiores valores de massa seca da parte aérea, resultando em maior produtividade e acréscimo no número de vagens por planta.

No Brasil, o uso de extrato de alga na agricultura é regulamentado pelo Decreto número 4.954 (BRASIL, 2004) enquadrando como agente complexante em formulações para aplicação foliar e fertirrigação.

O Brasil ocupa atualmente a segunda colocação em termos de produção de soja no mundo, superado pelos Estados Unidos da América. O estado de maior produção nacional é Mato Grosso, tendo uma produção de 31,887 milhões de toneladas, com uma área cultivada de aproximadamente 9,519 milhões de hectares (CONAB,2018).

Em Santa Catarina se espera mais uma safra recorde, neste ano se deve colher 2,52 milhões de toneladas do grão, 5% a mais do que na safra 2016/17. A área cultivada no estado já é de 708 mil hectares e a produtividade esperada é de 3,5 toneladas/hectare. Este acréscimo de produção se dá em função do grão nesta safra, ocupar as áreas que antes eram destinadas a

outras culturas, criação de animais e a fruticultura.

O crescimento da cultura da soja no país esteve sempre associado aos avanços científicos, disponibilização de tecnologias ao setor produtivo, modernização com a mecanização e expansão da área cultivada (FREITAS, 2011). Dada a importância para esta cultura, em que seus grãos são muito usados pela agroindústria para a produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal, indústria química e de alimentos, abastecimento do mercado interno e externo. Atualmente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível.

Segundo Freitas (2011), a soja consolidou sua posição de grande cultura explorada no Brasil, e passou a apresentar expressiva importância econômica e vem levando o progresso e desenvolvimento nas diversas regiões de cultivo. No mercado mundial, atualmente o país participa com grande expressão na produção e exportação de soja em grão.

3 OBJETIVOS

Os objetivos serão divididos em geral e específicos.

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a toxicidade de cádmio na germinação e crescimento de plântulas de soja, submetidas a diferentes concentrações deste metal, e a ação do bioestimulante Acadian[®].

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito de cádmio sobre a germinação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de soja SYN 13561 Intacta RR2 PRO, utilizando os parâmetros vigor, viabilidade, velocidade de germinação e avaliações de crescimento.

Avaliar a ação do bioestimulante Acadian[®], na indução da tolerância a doses de cádmio.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão apresentados os materiais e métodos, que foram utilizados para a realização deste trabalho.

4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES

Foram utilizadas sementes da variedade de Soja SYN 13561 Intacta RR2 PRO produzida pela empresa Syngenta[®]. As sementes foram obtidas junto à empresa Sementes e Cereais Bortoluzzi Ltda, produzidas na cidade de Pato Branco – Paraná. As sementes de soja obtidas para semeadura são da categoria S1.

A cultivar SYN 13561 Intacta RR2 IPRO, apresenta características de crescimento indeterminado, grupo de maturação 5.6, ou seja, variedade precoce na região sul do Brasil, resistência ao acamamento, cor da flor roxa, hilo marrom, estabilidade e adaptabilidade e ótimo potencial produtivo. As sementes segundo informações do rotulo, possuem germinação mínima de 80 %.

4.2 OBTENÇÃO DO BIOESTIMULANTE

O bioestimulante Acadian[®] foi fornecido pela empresa Confortin distribuidora de produtos agropecuários Ltda. O representante comercial do produto fez a indicação sobre a dosagem correta, para ser utilizado nos testes com as sementes. O bioestimulante é composto basicamente por algas *Ascophyllum nodosum* (L.).

4.3 TRATAMENTOS

Tratamento 1 = Testemunha (0 mg L⁻¹ de cádmio);

Tratamento 2 = Meia concentração tóxica (25 mg L⁻¹ de cádmio);

Tratamento 3 = Concentração tóxica (50 mg L⁻¹ de cádmio);

Tratamento 4 = Dobro da concentração tóxica (100 mg L⁻¹ de cádmio).

4.4 ENSAIO DE GERMINAÇÃO

O experimento foi conduzido no laboratório de sementes e grãos, da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Chapecó*. O ensaio foi planejado sob esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com classificação cruzada e 4 repetições (ARES & GRANATO, 2014).

Para realizar os testes, as sementes foram dispostas em saco plástico, onde em seguida

foi inserido o bioestimulante Acadian[®], na dosagem de 24 mL/kg sementes (PRADA-NETO et al., 2010). O conjunto foi agitado até que se obteve uma mistura homogênea das sementes com o bioestimulante. Após o tratamento, as sementes foram dispostas à sombra, a uma temperatura de aproximadamente 25°C por 20 minutos, para que houvesse a secagem do produto na superfície das sementes (FERREIRA, 2016).

Após a secagem do produto que estava no saco plástico, foram retirados 4 amostras contendo 16 repetições com 50 sementes em cada repetição, e cada repetição semeada em substrato de papel para germinação de sementes (J. Prolab[®]) previamente umedecido com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel. A água utilizada para a embebição dos quatro lotes foi acrescida de diferentes concentrações de cloreto de cádmio (CdCl₂), de maneira que as concentrações finais de cádmio fossem 0; 25; 50 e 100 mg/L, a concentração de nível zero foi utilizada como testemunha, usando apenas água destilada para hidratar o substrato, obtendo quatro tratamentos diferentes. Os rolos de papel foram mantidos em germinadores do tipo B.O.D. a temperatura constante de 25°C, com o fotoperíodo constante de 24 horas, sendo as avaliações realizadas em 4 repetições de cada tratamento no quarto, quinto, sexto e sétimo dias após a semeadura (BRASIL, 2009), após a realização das análises, as amostras avaliadas foram descartadas.

4.5 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES

A avaliação das plântulas viáveis foi realizada no quarto, quinto, sexto e sétimo dia após a semeadura, nesta avaliação foi quantificado as plântulas anormais, e sementes duras e mortas, sendo os dados convertidos para porcentagem de todas as variáveis (BRASIL, 2009).

4.6 VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

A velocidade de germinação foi calculada pela fórmula proposta por Edmond & Drapala (1958): $VG = [(D1 \times P1) + (D2 \times P2) + (D3 \times P3) + (D4 \times P4)] / (P1 + P2 + P3 + P4)$, onde VG é a velocidade de germinação expressa em dias médios para a germinação; D1, D2, D3 e D4 correspondem aos números de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e quarta contagem respectivamente; P1, P2, P3 e P4 correspondem ao número de plântulas normais na primeira, segunda, terceira e quarta contagem respectivamente.

4.7 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO

A avaliação do crescimento foi realizada no quarto, quinto, sexto e sétimo dia após a semeadura, eliminando-se as plântulas anormais e as sementes mortas. Com auxílio de uma

régua milimétrica, foi mensurado o comprimento da raiz primária e comprimento da parte aérea e os resultados médios expressos em cm plântula⁻¹ (BRASIL, 2009).

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância (teste de F a 5 %) foi utilizada para analisar as variáveis. As comparações da média de cada repetição foram feitas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey para comparar as épocas de avaliação, e regressão para comparar as doses de cádmio, ambas a 5% de confiança (ARES; GRANATO, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de variância, (teste de F), não houve interação significativa entre os fatores dias e dose de cádmio em relação à variável taxa de germinação (tabela 1), indicando que não existe dependência entre os fatores.

No entanto, foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cádmio e época de avaliação, demonstrando que os efeitos entre os fatores ocorrem de forma independente. A comparação de médias entre os níveis do fator doses de cádmio é representada através da estimativa da equação linear apresentado na tabela 2.

Tabela 1 - Germinação da soja apresentada em porcentagem (%) de plântulas normais, em função das doses de cádmio e época de avaliação, utilizando o bioestimulante Acadian[®].

Época de Avaliação	mg L ⁻¹ de Cádmio			
	0	25	50	100
QUARTO	89,00	48,00	23,50	9,00
QUINTO	91,50	53,50	27,00	9,00
SEXTO	87,00	51,00	31,00	10,50
SÉTIMO	90,50	52,00	26,50	9,50
		CV (A) = 6,78	CV (B) = 5,65	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 2 – Germinação de soja em função de doses de cádmio.

	Equação linear	R ²
Doses	$y = -0,7627x + 77,65$	0,88

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Observando os dados obtidos, é possível identificar a ação do cádmio como inibidor enzimático o que resultou no decréscimo da germinação de plântulas de soja, conforme o aumento das doses do metal pesado e a época de avaliação.

O bioestimulante não interferiu na toxicidade do cádmio, devido aos valores de referência obtidos por MOTTER (2017), no qual se observa que conforme os dias avaliados houve a redução nos valores de % de germinação em plântulas normais (tabela 3).

Tabela 3- Avaliação da germinação da soja apresentada em porcentagem de plântulas normais, em função das doses de cádmio, sem o bioestimulante Acadian®.

mg L ⁻¹ de Cádmio	Dias após a Germinação			
	QUINTO	SEXTO	SÉTIMO	OITAVO
00	93,50	91,00	85,50	83,00
25	89,00	73,00	70,00	58,75
50	55,00	38,50	26,00	36,00
100	25,50	25,00	26,50	14,00

CV¹ (parcela) = 5,9%

(¹) Coeficiente de Variação.

Fonte: MOTTER, 2017.

Sabe-se que quando sementes são postas a germinar em ambiente com altos níveis de cádmio, a atividade das α e β amilases é significativamente reduzida, comprometendo a respiração (CHUGH & SAWHNEY, 1996), resultando na inibição do crescimento do eixo embrionário e da radícula (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2000; SHAW et al., 2004).

Em outras culturas, como por exemplo, a cultura do trigo (*Triticum aestivum*), semeados em diferentes concentrações de cádmio, foi comprovando o decréscimo do índice de velocidade de germinação das sementes, revelando seu potencial tóxico a nível celular (GUILHERME, 2016).

Segundo Borges (2015), comparando a ação de metais pesado como o chumbo, cádmio e cobre, houve redução da porcentagem, o retardo na germinação e redução do índice de vigor em *A. stringosa*, especialmente na presença do cádmio, demonstrando sua toxicidade.

Resultados semelhantes foram observados, no parâmetro germinação, por Soares (2012), avaliando a germinação e vigor de sementes de *Lactuca sativa* L., o uso de bioestimulante em pré-embebição não afetou significativamente a germinação das sementes de alface.

De acordo com o teste de variância, (teste de F), não houve interação significativa entre os fatores época de avaliação e dose de cádmio em relação à variável comprimento da raiz (tabela 3), indicando que não há dependência entre os fatores.

No entanto, foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cádmio e época de avaliação isoladamente, demonstrando que os efeitos entre os fatores ocorrem de forma independente. A comparação de médias entre os níveis do fator doses de cádmio é representado através da estimativa da equação linear apresentado na tabela 4.

Tabela 3 - Tamanho da raiz de soja (cm plantula⁻¹) em função de doses de cádmio e época de avaliação após a semeadura, utilizando o bioestimulante Acadian[®].

Época de Avaliação	mg L ⁻¹ de Cádmio			
	0	25	50	100
QUARTO	8,07	2,19	1,56	1,65
QUINTO	8,80	2,13	1,82	1,22
SEXTO	9,02	2,14	1,83	1,25
SÉTIMO	10,30	2,42	2,01	1,40
		CV (A) = 6,67	CV (B) = 3,56	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 4 – Tamanho de raiz de soja (cm plantula⁻¹) em função de doses de cádmio.

	Equação linear	R ²
Doses	y = -0,0637x + 6,404	0,75

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O elemento é absorvido pelas raízes na forma de Cd²⁺, e o aumento do pH reduz a sua disponibilidade e a absorção. Na prática, a calagem é uma prática recomendável para minimizar problemas de toxidez de cádmio. A presença de zinco na solução, restringe drasticamente a absorção de cádmio pelas raízes. Nem todo o cádmio absorvido é transportado para a parte aérea das plantas. Esta característica varia entre as espécies, com resultados mostrando uma variação que abrange de 10 a 50% da quantidade total absorvida (FAQUIN, 2005).

Soares (2012), em trabalho sobre *Lactuca sativa*, observou que no parâmetro de comprimento de raiz, houve um efeito positivo do uso do bioestimulante, para a avaliação.

Já segundo Madeira (2014), avaliando raízes de plantas de soja, observaram uma coloração levemente escura tornando-se parda escura, devido ao aumento das concentrações de cádmio e o tempo de exposição das plantas, principalmente nas mais suscetíveis. A exposição às concentrações de Cádmio também afetou o desenvolvimento do sistema radicular.

Conforme os resultados obtidos por MOTTER (2017), utilizando diferentes concentrações de cloreto de cádmio (CdCl₂), em *Glycine max*, nas avaliações em plântulas sobre o tamanho de raiz, as mesmas apresentaram decréscimo em seu tamanho conforme o aumento da concentração de cádmio, e os dias de avaliação, demonstrando assim sua

toxicidade. No qual obtendo estes valores como referência, se observa que o uso do bioestimulante não interferiu com relação às concentrações de cádmio utilizadas, e o maior desenvolvimento do comprimento das raízes (tabela 6).

Tabela 6 - Comprimento das raízes (cm plântula⁻¹) mensurado durante os ensaios de germinação para soja, em função das doses de Cádmio, sem o bioestimulante Acadian[®].

mg L ⁻¹ de Cádmio	Dias após a Germinação			
	QUINTO	SEXTO	SÉTIMO	OITAVO
00	9,27	9,62	10,00	9,37
25	5,64	4,39	5,31	4,56
50	3,52	2,85	2,85	3,96
100	1,53	1,74	2,08	2,42

CV¹ (Parcela) = 11,4%

(¹) Coeficiente de variação
Fonte: MOTTER, 2017.

Souza (2003) atribui a redução no crescimento das raízes em milho híbrido tratado com cádmio, a fatores como menor respiração radicular, danos na permeabilidade das células e interferência nas membranas das células radiculares, além de danos sobre ATP-ases e outros transportadores.

De acordo com o teste de variância, (teste de F), não houve interação significativa entre os fatores época de avaliação e dose de cádmio em relação à variável tamanho da parte aérea (tabela 7), indicando que não ocorre dependência entre os fatores.

No entanto, foi possível observar efeito significativo para o fator doses de cádmio e época de avaliação isoladamente, demonstrando que os efeitos entre os fatores ocorrem de forma independente. A comparação de médias entre os níveis do fator dias é apresentado na tabela 8, enquanto que a comparação de médias entre os níveis do fator doses de cádmio é representado através da estimativa da equação linear apresentado na tabela 9.

Tabela 7 - Tamanho da parte aérea (cm plantula⁻¹) em função de doses de cádmio e época de avaliação após a semeadura, utilizando o bioestimulante Acadian[®].

Época de Avaliação	mg L ⁻¹ de Cádmio			
	0	25	50	100
QUARTO	4,25	3,37	2,86	2,79
QUINTO	4,97	4,81	3,11	3,15
SEXTO	4,84	3,94	4,59	3,17
SÉTIMO	5,32	4,80	4,64	3,95
		CV (A) = 7,39	CV (B) = 4,79	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 8 - Tamanho médio da parte aérea (cm plantula⁻¹) referentes ao efeito das doses de cádmio.

Dias	cm plantula ⁻¹
QUARTO	3,32c*
QUINTO	4,01b
SEXTO	4,14b
SÉTIMO	4,68a

*Médias seguidas de uma mesma letra não divergem entre si, em uma mesma coluna, a 1% de confiança. Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Tabela 9 - Equação linear referente ao efeito das doses de cádmio sobre o tamanho da parte aérea (cm plantula⁻¹).

	Equação linear	R ²
Doses	y = -0,0036x + 4,7293	0,91

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

É observado na tabela 8, que ocorreu um desenvolvimento desuniforme sobre o tamanho da parte aérea das plântulas de soja avaliadas, havendo mudanças em relação às doses utilizadas.

Além de diversas alterações que a presença do metal pesado pode causar na planta, segundo o autor Reis et al. (2014) pode-se observar também alterações anatômicas da parte aérea em plantas expostas ao Cádmio, através do aumento de concentração de materiais fenólicos na parede celular e no lúmen do xilema.

Em um trabalho, no qual foram utilizadas diferentes dosagens de cádmio em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), em que conforme o tempo de exposição das plantas as dosagens, ocorreram mudanças nas características, como diminuição de crescimento (radicular, aéreo, e folhear) ocorreu também clorose nas folhas mais novas e no caule (PIOTTO, 2012).

Conforme Gonçalves et al. (2009), observando o crescimento de duas cultivares de

batata *in vitro* com diferentes doses de cádmio, observaram que além do sistema radicular, a parte aérea de ambas as cultivares de batata foram negativamente afetadas pelo cádmio, uma vez que foi verificada redução na altura da parte aérea, no número de segmentos nodais, bem como no número de folhas.

O bioestimulante não interferiu na toxicidade de cádmio, devido aos valores de referência obtidos por MOTTER (2017), em que utilizando as diferentes dosagens de (CdCl₂), em *Glycine max*, houve influência no tamanho de parte aérea em plântulas avaliadas, demonstrando um decréscimo no tamanho, conforme o aumento das concentrações de Cádmio (tabela 10).

Tabela 10. Comprimento da parte aérea das plântulas de soja (cm plântula⁻¹) mensurados durante os ensaios de germinação, em função das doses de Cádmio, sem o bioestimulante Acadian[®].

mg L ⁻¹ de Cádmio	Dias Após a Germinação			
	QUINTO	SEXTO	SÉTIMO	OITAVO
00	4,95	5,30	5,38	5,54
25	4,62	4,62	6,06	5,51
50	3,86	3,26	4,16	3,83
100	2,48	2,65	2,46	2,57
CV ¹ (parcelas) = 8,6%				

(¹) Coeficiente de Variação

Fonte: MOTTER, 2017.

A forma como cada planta realiza seu processo biológico, na presença do metal pesado é variável, assim como os locais em que o metal afeta a planta. As características do solo também podem influenciar nos fatores da absorção, o tempo de exposição, entre outros fatores.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observada que na variável taxa de germinação, não houve interação significativa entre os fatores doses de cádmio e época das avaliações. Mas, se obteve um efeito significativo entre doses de cádmio e época das avaliações isoladamente, houve um decréscimo na germinação de plântulas de soja em aproximadamente 90%, conforme o aumento da concentração do metal pesado, demonstrando que os efeitos ocorrem de forma independente.

Nos outros dois parâmetros avaliados, sendo o comprimento da raiz e o tamanho da parte aérea, em ambas não ocorreram interação significativa entre os fatores época das avaliações e doses de cádmio, indicando assim que não existe dependência entre os fatores. Porém, nos dois parâmetros também ocorreu um efeito significativo para o fator doses de cádmio e época das avaliações isoladamente, demonstrando que os efeitos ocorrem de forma independente.

O bioestimulante Acadian®, não contribuiu para melhorar a germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de soja, em ambiente contaminado com diferentes concentrações de cádmio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS. **Mapeamento da Suinocultura Brasileira - Mapping of Brazilian Pork Chain**, Brasília - DF, n. 1, p. 1-376, 2016.
- ARES, G.; GRANATO, D. **Mathematical and statistical methods in food science and technology**. Nova Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2014. 536p.
- ARAÚJO, R. H. C. R. **Estatística Experimental: Conteúdo Didático**. Pombal, Pb: Asdf, 2015. 133 p. Centro De Ciências E Tecnologia Agroalimentar Unidade Acadêmica De Ciências Agrárias.
- BIZARRO, V. G. **Teor e biodisponibilidade de cádmio em fertilizantes fosfatados**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- BORGES, K. S. C. **Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de cobertura e forrageiras em exposição a cádmio, cobre e chumbo**. 2015. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Manejo do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015. Disponível em: <http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/839/tese_karine_sousa_carsten_borges_.pdf>. Acesso em: 29 out. 2018.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, 399p.
- CASTRO, P. R. C; VIEIRA, E.L. Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: **Agropecuária**, 2001, 132p.
- CASTRO, S.C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendoineiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 73p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.
- CASTRO, P.R.C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. **Série produtor rural**, Piracicaba, n.32, 46 p., 2006.
- CHUGH, L.K.; SAWHNEY, S.K. Effect of cadmium on germination, amylases and rate of respiration of germinating pea seeds. **Environmental Pollution**, London, v.92, p.1-5, 1996.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**; v. 1; n.3. Brasília; Conab, 2018.
- CUNHA, K. P. V., et al. Disponibilidade, acúmulo e toxidez de cádmio e zinco em milho cultivado em solo contaminado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p.1319-1328, 3 jun. 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/1802/180214229038.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- DOMINGUES, T. C. de G. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em

Gestão de Recursos Agroambientais) - Curso de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2009. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/dissertacoes/Thabata%20Godoy.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

DOURADO NETO, Durval et al. AÇÃO DE BIOESTIMULANTE NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO E FEIJÃO. **Bioscience Journal**, Uberlândia - Mg, v. 30, n. 0, p.371-379, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18110/14549>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. 2005. 186 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras - MG, 2005. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

FERREIRA, T. F. **Qualidade de sementes de soja tratadas com inseticidas e fungicidas antes e após o armazenamento**. Dissertação (mestrado acadêmico), Universidade Federal de Lavras, 2016, 77 p.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72 p.

FREITAS, E. V. de S., et al. Disponibilidade De CádmiO E Chumbo Para Milho Em Solo Adubado Com Fertilizantes Fosfatados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Recife, p.1899-1907, 2009.

FREITAS, M. de C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 12, n. 7, p.2-12, maio 2011. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/a%20cultura%20da%20soja.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

GUILHERME, M. de F. de S. **Toxicidade de cádmio na germinação de sementes e no crescimento de mudas de trigo (*Triticum aestivum*)**. 2016. 39 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2016. Disponível em: <http://www.cstr.ufcg.edu.br/grad_cienc_bio/tcc_15_2/13_maria_de_fatima_de_souza_guilherme.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

GONÇALVES, J. F., et al. Crescimento *in vitro* de plântulas de batata em diferentes doses de cádmio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p.2625-2628, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n9/a38v39n9.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

GOMES, F. P.. **Curso de Estatística Experimental**. 13. ed. Piracicaba, SP: Livraria Nobel S.A., 1990. 240 p.

GUIMARÃES, M. de A. et al. Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Minas Gerais, v. 1, n. 3, p.58, 2008. Disponível

em:

<file:///C:/Users/NOT/Downloads/ToxicidadeetoleranciaaocdmioemplantasRevistaTrpica%20(1).pdf>. Acesso em: 07 set. 18.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: Estatística da produção pecuária**. Brasília: Gráfica do IBGE, 45p., 2017.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. The Anthroposphere. In:(org). **Trace Elements in Soils and Plants**. 3rd ed. CRC Press, London, 2000. p.123 – 167.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. (2001). **Trace elements in soil and plants**, Boca Raton. CRC Press, 315 p.

KÜPPER, H., et al. Cadmium-induced inhibition of photosynthesis and long-term acclimation to cadmium stress in the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. **New Phytologist**, Czech Republic, v. 175, p. 655-674, April 2007.

LIMA, G. J. M. M. A. **Poluição ambiental por dejetos de suínos e o papel dos técnicos e nutricionistas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. Disponível em: < <http://www.embrapasuinoeaves.br> >. Acesso em: 20 nov.2018.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais Pesados no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 4, p.1-7, nov. 2011. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_4/199-CCD-7510.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

MADEIRA, Nayara Nolasco. **Toxicidade de cádmio em plantas transgênicas de soja e de tabaco expressando os genes bip e aldeído desidrogenase**. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Mg, 2014. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10336/texto%20completo.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MARTINS, J. L. **Toxidez de cádmio e chumbo para plantas e microorganismos no solo**. Dissertação de mestrado em Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (150p), 1984.

MARCOS FILHO, J. **Teste de envelhecimento acelerado**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 3.1-3.21.

MARQUES, Teresa Cristina Lara Lanza de Sá e Melo. Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p.1-12, jan. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n1/6907.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2018.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 164 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

MOREIRA, Gláucia Cristina et al. **Diferentes épocas de aplicação da alga marinha *Ascophyllum nodosum* no desenvolvimento da alfaca**. 2005. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br>>. Acesso em 16 set. 2018.

MURARI, I. P. **Germinação de sementes e crescimento de plântulas de *Zea mays* submetidas a concentrações tóxicas e subtóxicas de cádmio**. 2017. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2017.

MOTTER, C. D. **Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Glycine max* submetidas à concentrações tóxicas e sub-tóxicas de cádmio**. 2017. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2017.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Santa Catarina espera safra recorde de soja**. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/soja/208377-santa-catarina-espera-safra-recorde-de-soja.html#.W6wb13tKjDd>>. Acesso em: 16 set. 2018.

OLIVEIRA, J. A.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; JORDÃO, C. P. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de salvinia e aguapé. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 3, p. 329-341, 2001.

PIOTTO, F. A. **Avaliação de tolerância ao Cádmio em Tomateiro (*Solanum lycopersicum L.*)**. 2012. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2012. Disponível em: <[file:///C:/Users/NOT/Downloads/Fernando_Angelo_Piotto%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/NOT/Downloads/Fernando_Angelo_Piotto%20(1).pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

PRADA-NETO, I. et al. Efeitos de bioestimulantes, aplicados via semente, na cultura do milho (*Zea mays*). **XXVIII Encontro Nacional de Milho e Sorgo**, 2010, Goiânia.

REIS, I. M. S., et al. Adsorção de cádmio em Latossolos sob vegetação de mata nativa e cultivados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v38n6/a30v38n6.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.9, n.18, p.1-20, 2012.

SANTINI, J. M. K., et al. Viabilidade técnico-econômica do uso de bioestimulantes em semente de soja. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p.57-62, mar.2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/294872017/download>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SOARES, M. B. B. Efeito da pré-embebição de sementes de alfaca em solução bioestimulante. **Biotemas**, v. 25, n. 2, p.17-23, 18 maio 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: <<file:///C:/Users/NOT/Downloads/20788-80152-1-PB.pdf>>.

Acesso em: 07 nov. 2018.

SOUZA, J. F. **Efeito de metais pesados no desenvolvimento de plântulas de milho (*Zea mays* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.)**. 2003. 138p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

STADNIK, M. J. Potencial Biotecnológico de Macroalgas Marinhas para uso Agrícola. In: **XI Congresso Brasileiro de Ficologia**, 2006, Itajaí-SC. Resumo de resumos do XI Congresso Brasileiro de Ficologia. Itajaí-SC: Sociedade Brasileira de Ficologia & UNIVALI, v. 1. p. 14-14, 2006.

STADNIK, M. J. . Uso potencial de algas no controle de doenças de plantas. In: **VIII Reunião de Controle Biológico de Fitopatógenos**, 2003, Ilhéus. VIII Reunião de Controle Biológico de fitopatógenos. Ilhéus-BA: Ceplac/ Cepecp. 70- 74, 2003.

TIECHER, T. L. **Alterações fisiológicas em milho cultivado em solo com alto teor de cobre e submetido à aplicação de zinco**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ZODAPE, S.T. Seaweeds as a biofertilizer. Journal of Scientific and Industrial Research, n° 60, p. 378-382, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA (% DE GERMINAÇÃO)

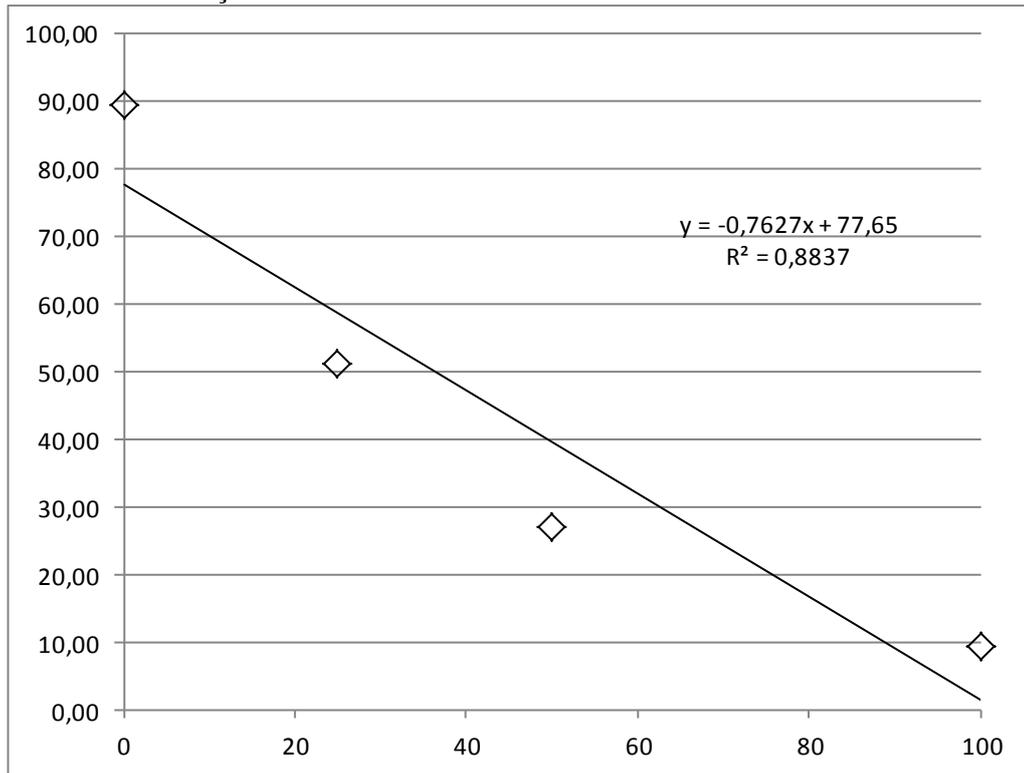
CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	88,688				
DOSES DE COBRE	3	57599,188	19199,7	881,34	6,99	F(0,01;3;9)
PARCELAS	9	57883,938				
RESÍDUO (A)	15	196,063	21,785			
DIAS	3	80,688	26,896	2,55	4,39	F(0,01;3;36)
Cu X DIAS	9	150,063	16,674	1,58	2,96	F(0,01;9;36)
RESIDUO B	36	380,250	10,563			
TOTAL	63	58494,938				

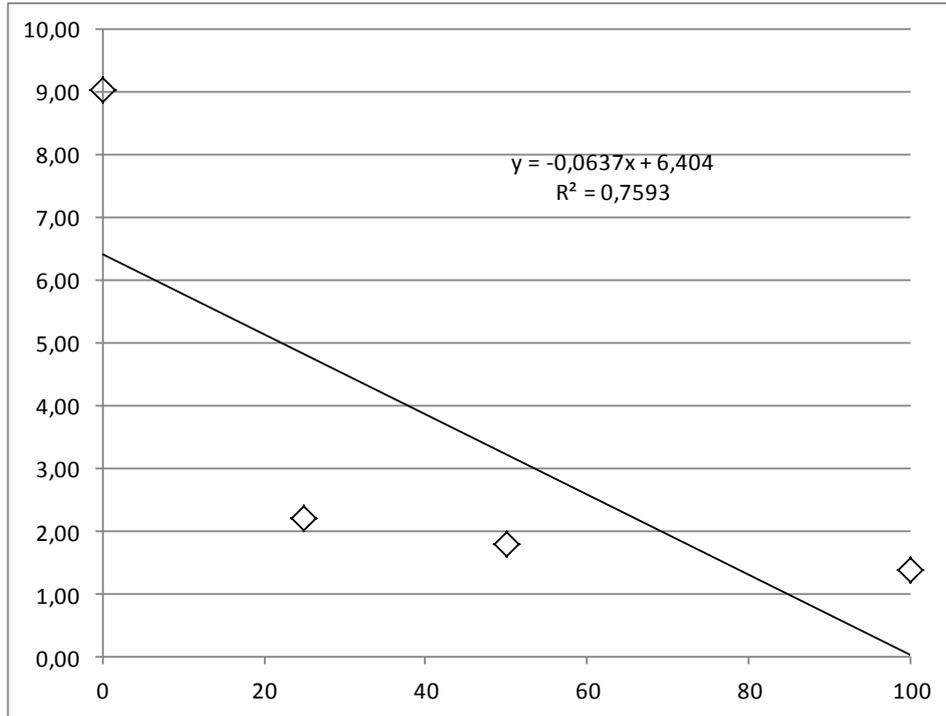
APÊNDICE 2 – QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA (COMPRIMENTO RADICULAR)

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	1,481				
DOSES DE COBRE	3	635,750	211,917	316,62	6,99	F(0,01;3;9)
PARCELAS	9	643,255				
RESÍDUO (A)	15	6,024	0,669			
DIAS	3	4,005	1,335	3,08	4,39	F(0,01;3;36)
Cu X DIAS	9	7,385	0,821	1,89	2,96	F(0,01;9;36)
RESIDUO B	36	15,625	0,434			
TOTAL	63	670,270				

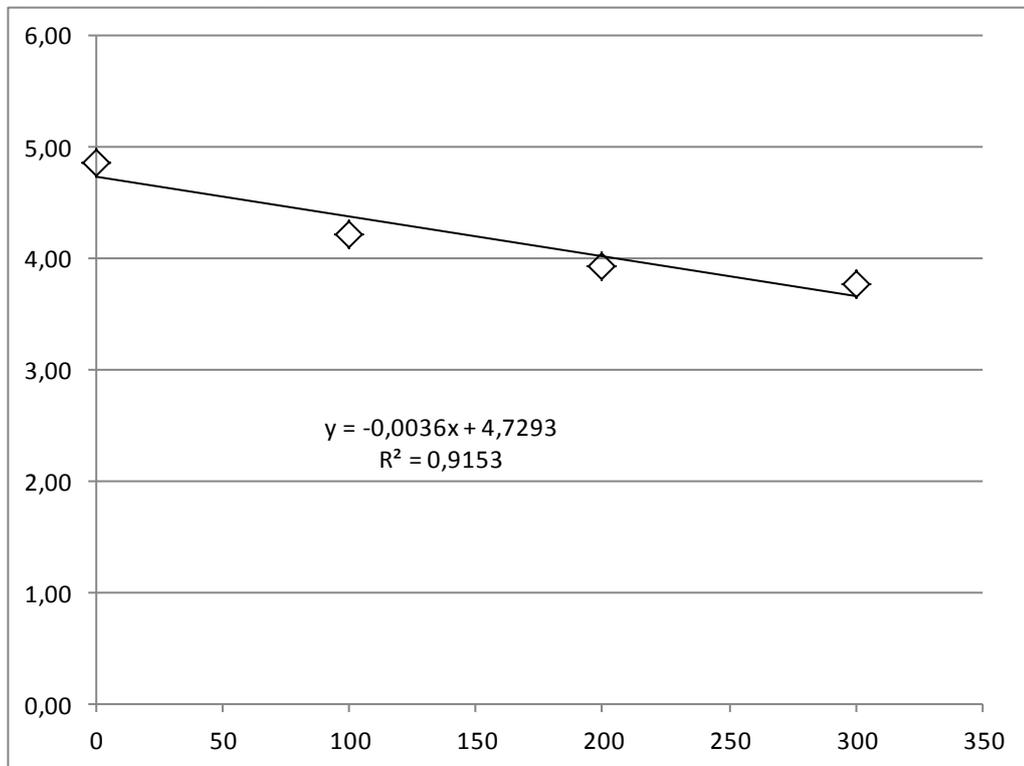
APÊNDICE 3 – QUADROS DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA (COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA)

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F(cal)	F(tab)	
BLOCOS	3	0,905				
DOSES DE COBRE	3	21,471	7,157	14,96	6,99	F(0,01;3;9)
PARCELAS	9	26,681				
RESÍDUO (A)	15	4,305	0,478			
DIAS	3	15,049	5,016	5,74	4,39	F(0,01;3;36)
Cu X DIAS	9	6,877	0,764	0,87	2,96	F(0,01;9;36)
RESIDUO B	36	31,451	0,874			
TOTAL	63	80,058				

ANEXOS**ANEXO 1 – EQUAÇÃO LINEAR REFERENTE ÀS DOSES DE CÁDMIO SOBRE A TAXA DE GERMINAÇÃO.****ANEXO 2 – EQUAÇÃO LINEAR REFERENTE ÀS DOSES DE CÁDMIO SOBRE O TAMANHO DA RAIZ.**



ANEXO 3 – EQUAÇÃO LINEAR REFERENTE ÀS DOSES DE CÁDMIO SOBRE O TAMANHO DA PARTE AÉREA.



ANEXO 4 - COMPONENTES DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE CHARLEAN DONIDA MOTTER

3 OBJETIVOS

Os objetivos estão divididos em geral e específico.

3.1 OBJETIVO GERAL

Mensurar a toxicidade de cádmio em sementes e plântulas de soja submetidas a diferentes concentrações deste metal.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito do cádmio sobre a germinação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de soja SYN 13561 IPRO, utilizando os parâmetros vigor, viabilidade, velocidade de germinação e avaliação do crescimento.

Avaliar o efeito gradativo do aumento de concentração de cádmio em plântulas de soja, comparando porcentagem de plântulas normais, tamanho de raiz e parte aérea.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante o período compreendido entre Setembro e Outubro de 2017 na Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS Chapecó – SC. Devido ao manuseio de metais pesados foi necessária a utilização do laboratório de Bromatologia, sendo que as sementes foram alocadas em rolos de papel germitest e submetidas na câmara germinadora do laboratório de sementes.

4.1 OBTENÇÃO DAS SEMENTES

Foram utilizadas sementes de soja da cultivar SYN 13561 Intacta RR2 PRO, obtidas junto a empresa Sementes e Cereis Bortoluzzi Ltda, produzidas na cidade de Pato Branco – Paraná e embaladas pela empresa Syngenta®. As sementes de soja obtidas para semeadura são da categoria S1 da safra de 2016/2017, com validade de germinação para Dez/2017.

A cultivar SYN 13561 IPRO, apresenta características de crescimento indeterminado, grupo de maturação 5.6, ou seja, variedade precoce na região sul do Brasil, resistência ao acamamento, cor da flor roxa, hilo marrom, estabilidade e adaptabilidade e ótimo potencial produtivo.

Possuindo a biotecnologia transgênica de tolerância ao glyphosate proporcionado pela tecnologia Roundup Ready (RR2), potencial aumento de produtividade e proteção contra as principais lagartas da cultura da soja.

4.2 ENSAIO DE GERMINAÇÃO

Os ensaios foram realizados sob esquema parcelas subdivididas no tempo em delineamento experimental blocos ao acaso, com classificação cruzada e 4 repetições. As sementes foram divididas em 4 lotes de 16 repetições de 50 sementes e cada repetição semeada em substrato de papel Germitest previamente umedecido com um volume de água correspondente a 2,5 vezes o peso do papel, para cada rolo confeccionado, foram utilizados dois papéis Germitest®. A água destilada utilizada para a embebição dos quatro lotes foi acrescida de diferentes concentrações de Cloreto de Cádmio (CdCl_2), de maneira que as concentrações finais fossem 0,0; 25,0; 50,0 e 100,0 mg L^{-1} , o nível zero de concentração foi utilizado como testemunha, usando apenas água destilada para hidratar o substrato, gerando quatro diferentes tratamentos. Os rolos de papel foram mantidos em germinador do tipo B.O.D. a temperatura constante de 25 ± 2 °C com 24 horas de luz disponível.

4.3 VIGOR E VIABILIDADE DAS SEMENTES

As avaliações da germinação foram realizadas no quinto, sexto, sétimo e oitavo dias após a semeadura, sendo os dados convertidos para porcentagem de plântulas normais. A contagem realizada no quinto dia depois da semeadura, serviu como indicativo do vigor das sementes, já a contagem final, no oitavo dia do teste, é um indicativo para a viabilidade (BRASIL, 2009).

4.4 VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

Para calcular a velocidade de germinação foi utilizada a fórmula: $V.G. = [(D1 \times P1) + (D2 \times P2) + (D3 \times P3) + (D4 \times P4)] / (P1 + P2 + P3 + P4)$, onde V.G. é a velocidade de germinação representada em números de dias médios para a germinação. D1, D2, D3 e D4 correspondem aos números de dias da semeadura até à primeira, segunda, terceira e quarta contagem, respectivamente. P1, P2, P3 e P4 são correspondentes ao número de plântulas normais na primeira, segunda, terceira e quarta contagem de germinação, respectivamente (EDMOND e DRAPALA, 1958).

4.5 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO

A avaliação do crescimento de plântulas foi realizada no quinto, sexto, sétimo e oitavo dia após a semeadura da soja, avaliando apenas as plântulas normais, eliminando-se as anormais, sementes mortas e duras. Utilizando uma régua milimétrica se mensurou o comprimento da raiz primária e da parte aérea, obtendo-se os resultados expressados em cm plântula^{-1} .

4.6 TRATAMENTOS

Tratamento 1 = Testemunha (0,0 mg L^{-1} de cádmio);

Tratamento 2 = Meia concentração tóxica (25,0 mg L⁻¹ de cádmio);

Tratamento 3 = Concentração tóxica (50,0 mg L⁻¹ de cádmio);

Tratamento 4 = Dobro da concentração tóxica (100,0 mg L⁻¹ de cádmio).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância (teste de F a 1%) foi utilizada para analisar as variáveis. As comparações da média de cada repetição foram feitas através de regressão e aplicação do teste de Tukey, ambos a 1% de confiança (ARES e GRANATO, 2014). A análise estatística foi elaborada em uma planilha do Microsoft Excel[®].

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e dose de cádmio em relação à variável germinação da soja. Apresentando um decréscimo do percentual germinativo de plântulas normais. A partir da concentração de 50 mg L⁻¹, observou-se uma redução de 38,5% do percentual germinativo em relação a testemunha na primeira avaliação realizada no quinto dia após a semeadura (tabela 1), indicando a dependência entre os fatores.

Através do desdobramento do efeito da interação, pela realização de nova análise de variância (teste de F), em que os níveis do fator doses de cádmio foram comparados dentro dos níveis do fator dias (e vice-versa), foi possível observar que existem efeitos significativos entre os dias dentro de cada dose de cádmio à 1% de probabilidade, sendo possível concluir que o efeito das doses de cádmio sobre a germinação foi diferenciado nas doses 0,0; 25,0; 50,0 e 100,0 mg/L.

Segundo o mesmo teste, existem ainda efeitos significativos entre as doses de cádmio dentro de cada dia.

O efeito do fator doses de cádmio dentro dos diferentes dias pode ser observado através das estimativas das equações lineares de segundo grau apresentadas na tabela 2. Onde se assegura a redução do percentual germinativo quando aumentada as concentrações de Cádmio. Obtendo assim o valor do R², altamente significativo (0,93) para o primeiro dia de avaliação, quinto dia após a semeadura da soja.

Tabela 1. Avaliação da germinação da soja apresentada em porcentagem de plântulas normais, em função das doses de cádmio.

mg L ⁻¹ de Cádmio	Dias após a Germinação			
	QUINTO	SEXTO	SÉTIMO	OITAVO
00	93,50	91,00	85,50	83,00

25	89,00	73,00	70,00	58,75
50	55,00	38,50	26,00	36,00
100	25,50	25,00	26,50	14,00

CV¹ (parcela) = 5,9%

(¹) Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 2. Equação linear referente ao efeito das doses de Cádmio sobre a porcentagem de germinação de soja.

Dias	Equações lineares	R ²
Quinto	$y = -23,8x + 125,25$	0,9297
Sexto	$y = -23,25x + 115$	0,9729
Sétimo	$y = -22,1x + 107,25$	0,8808
Oitavo	$y = -22,975x + 105,38$	0,9995

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Os primeiros sintomas de Cádmio foram observados logo no primeiro dia de avaliação, se agravando com o passar dos dias em decorrência das concentrações do metal pesado. Tornando os dados confiáveis, Madeira, (2014) observou os primeiros sintomas no terceiro dia após a aplicação das soluções contendo Cádmio, apresentando pequenas manchas avermelhadas. Já as linhagens transgênicas apresentaram os primeiros sintomas no quarto dia de exposição ao metal pesado. Com o passar dos dias os sintomas tornaram-se evidentes, as plantas expostas apresentaram, nas folhas do ápice, encarquilhamento e murchas, evoluindo para a secagem das folhas, havendo também acentuada redução do crescimento das plantas mais susceptíveis.

A consequência resultante nas sementes de soja quando são postas a germinar em concentrações de Cádmio são agravantes, sendo similares aos efeitos observados por Li, *et al.*, (2013), onde na concentração de 5 mg L⁻¹ o percentual de plântulas normais foi 12% inferior a germinação das plântulas controle. Outro efeito resultante quando, na solução nutritiva, são aumentadas as concentrações de Cádmio é a redução da produção de matéria seca (MADEIRA, 2014).

Os efeitos causados pelo Cádmio acometem diversas outras culturas agrícolas. Quando sementes de milho (*Zea mays*) ficam expostas em concentrações idênticas ao experimento realizado, a consequência foi redução das atividades das α e β – amilases, implicando na limitação de sua respiração (CHUGH e SAWHNEY, 1996).

Em trabalhos realizados com a cultura do trigo (*Triticum aestivum*), semeados em

diferentes concentrações de Cádmio, foi comprovando o decréscimo do índice de velocidade de germinação das sementes, revelando seu potencial tóxico a nível celular (GUILHERME, 2016).

Os sintomas observados por KÜPPER, *et al.*, (2007) quando utilizaram plantas de *Thlaspi caerulescens*, *T. fendleri* e *T. ochroleucum* submetidas a concentrações de Cádmio foram, estresse devido a presença do metal pesado, áreas cloróticas nas folhas, geralmente no mesófilo, distantes das nervuras.

Após o quinto dia de transferência das mudas para vasos com concentrações alternadas de metais pesados, foi possível observar sintomas de fitotoxidez, mesmo nas concentrações mais baixas, apresentando manchas aquosas se tornando necróticas (SOARES, *et al.*, 2000).

Os resultados obtidos se assemelham com os de Bhardwaj, Chaturvedi e Prasad (2009), onde testaram concentrações de Cádmio em solo, e concluíram que a germinação diminuiu com o aumento da concentração dos metais pesados, sendo que na maior concentração a germinação foi completamente inibida.

O comportamento observado sobre as doses de Cádmio apresenta um resultado linear, demonstrando que possui um efeito evidentemente tóxico, agindo de diversas formas nas plântulas de soja.

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e dose de cádmio em relação à variável tamanho da raiz (tabela 3). Apresentando um decréscimo em seu tamanho conforme o aumento da concentração de Cádmio e os dias de avaliação, indicando a dependência entre os fatores.

Através do desdobramento do efeito da interação, pela realização de nova análise de variância (teste de F), em que os níveis do fator doses de cádmio foram comparados dentro dos níveis do fator dias (e vice-versa), foi possível observar que existem efeitos significativos entre os dias dentro de cada dose de Cádmio à 1% de probabilidade, sendo possível concluir que o efeito das doses de cádmio sobre a variável tamanho da raiz foi diferenciado nas doses 0,0; 25,0; 50,0 e 100,0 mg/L.

Segundo o mesmo teste, não existem efeitos significativos entre as doses de cádmio dentro de cada dia.

O efeito do fator doses de cádmio dentro dos diferentes dias pode ser observado através das estimativas das equações lineares de segundo grau apresentadas na tabela 4. Onde se assegura a redução do sistema radicular quando aumentada as concentrações de Cádmio. Obtendo assim o valor do R^2 , altamente significativo (0,98) para o primeiro dia de avaliação, quinto dia após a semeadura do experimento.

Tabela 3. Comprimento das raízes (cm plântula⁻¹) mensurado durante os ensaios de germinação para soja, em função das doses de Cádmio.

mg L ⁻¹ de Cádmio	Dias após a Germinação			
	QUINTO	SEXTO	SÉTIMO	OITAVO
00	9,27	9,62	10,00	9,37
25	5,64	4,39	5,31	4,56
50	3,52	2,85	2,85	3,96
100	1,53	1,74	2,08	2,42

CV¹ (Parcela) = 11,4%

(¹) Coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Tabela 4. Equações lineares referentes ao efeito da dose de Cádmio em cada um dos dias sobre a porcentagem de tamanho de raiz.

Dias	Equações lineares	R ²
Quinto	$y = -2,5348x + 11,325$	0,9766
Sexto	$y = -2,518x + 10,945$	0,8691
Sétimo	$y = -2,6228x + 11,617$	0,8997
Oitavo	$y = -2,1431x + 10,435$	0,8513

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O efeito observado já no primeiro dia de avaliação das raízes foi notório decorrente das concentrações de Cádmio que cada amostra continha. Apresentando necroses escuras nos ápices radiculares da raiz principal, impedindo seu desenvolvimento e funcionamento, assim como observado no trabalho de Madeira, (2014) onde as raízes apresentavam coloração levemente escura, tornando-se parda escura com o aumento da concentração de Cádmio e o tempo de exposição das plantas.

Indo de encontro com os dados obtidos nesse trabalho, An (2004) descreveu em sua avaliação que o crescimento das raízes expostas ao Cádmio foi afetado negativamente nos solos cultivados, ressaltando que a gravidade da resposta foi diretamente relacionada ao aumento das concentrações de Cádmio. O mesmo efeito surtiu com a cultura do milho, onde atingiu uma severa restrição no crescimento das raízes, que atingiu 94% (CUNHA, *et al.*, 2008).

É necessário entender que o sistema radicular é fundamental no desenvolvimento inicial de todas as culturas, quando algum fator impede que a raiz exerça sua função de absorção, começa a debilitar o sistema como um todo. Os metais pesados por sua vez,

impedem o desenvolvimento regular do sistema radicular, como observado no presente trabalho, onde conforme aumentou a concentração de Cádmio, diminuiu-se o tamanho do sistema radicular, e comparado com o trabalho de Miranda *et al.*, (1982) onde colocam que a toxicidade do metal pesado reduziu o peso seco das raízes de cultivares de soja em aproximadamente cinco vezes, quando cultivados em solos.

É visível que a atividade da peroxidase nas raízes foi mais influenciada pelas concentrações do composto do que na parte aérea, podendo observar aumento na atividade enzimática nas concentrações mais elevadas. Esse aumento na atividade da peroxidase está relacionado com a redução do crescimento radicular observado nas concentrações mais elevadas (ARAÚJO, MONTEIRO e CARDOSO, 2005).

Estudos realizados com a cultura do arroz (*Oriza sativa*) demonstraram variação entre cultivares utilizando a mesma concentração de Cádmio, porém em ambas as cultivares foram registrados redução do sistema radicular após incubação de 96 horas (CHANG, *et al.*, 2012).

De acordo com o teste de variância, (teste de F), existe interação significativa entre os fatores dias e dose de cádmio em relação à variável tamanho da parte aérea (tabela 5). Apresentando um decréscimo em seu tamanho conforme o aumento da concentração de Cádmio e os dias de avaliação, indicando a dependência entre os fatores.

Através do desdobramento do efeito da interação, pela realização de nova análise de variância (teste de F), em que os níveis do fator doses de cádmio foram comparados dentro dos níveis do fator dias (e vice-versa), foi possível observar que existem efeitos significativos entre os dias dentro de cada dose de Cádmio à 1% de probabilidade, sendo possível concluir que o efeito das doses de cádmio sobre a variável tamanho da parte aérea foi diferenciado nas doses 0,0; 25,0; 50,0 e 100,0 mg/L.

Segundo o mesmo teste, não existem efeitos significativos entre as doses de cádmio dentro de cada dia.

O efeito do fator doses de cádmio dentro dos diferentes dias pode ser observado através das estimativas das equações lineares de segundo grau apresentadas na tabela 6. Onde se assegura a redução da parte aérea quando aumentada a concentração de Cádmio. Obtendo assim o valor do R², altamente significativo (0,92) para o primeiro dia de avaliação, quinto dia após a semeadura do experimento.

Tabela 5. Comprimento da parte aérea das plântulas de soja (cm plântula⁻¹) mensurados durante os ensaios de germinação, em função das doses de Cádmio.

mg L ⁻¹ de Cádmio	Dias Após a Germinação
------------------------------	------------------------

	QUINTO	SEXTO	SÉTIMO	OITAVO
00	4,95	5,30	5,38	5,54
25	4,62	4,62	6,06	5,51
50	3,86	3,26	4,16	3,83
100	2,48	2,65	2,46	2,57

CV¹ (parcelas) = 8,6%

(¹) Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 6. Equações lineares referentes ao efeito das doses de Cádmio em cada um dos dias sobre o tamanho da parte aérea das plântulas de soja.

Dias	Equações lineares	R ²
Quinto	$y = -0,8173x + 6,0204$	0,9213
Sexto	$y = -0,9284x + 6,2776$	0,9763
Sétimo	$y = -1,0651x + 7,1794$	0,7589
Oitavo	$y = -1,0596x + 7,0141$	0,9048

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

As plântulas submetidas às concentrações de Cádmio apresentaram desenvolvimento inadequado da parte aérea, reduzindo o porte das plântulas avaliadas.

A redução do crescimento da parte aérea das plântulas classificadas como normais está relacionada com o autor Oliveira (2013), onde coloca que o crescimento de plântulas demonstrou ser um parâmetro muito sensível e responsivo ao aumento do Cádmio no solo. O tamanho das plântulas foi afetado negativamente pelo Cádmio no solo, tendo relação direta com sua concentração e disponibilidade.

Culturas de menor importância agrícola também foram estudadas e apresentam resultados semelhantes aos observados na elaboração do trabalho. O caso da *Trema micranta* (L.) Blum teve os resultados afetados pela presença do metal pesado, apresentando sinais semelhantes a deficiência de Fe, onde refletiu em seu crescimento mesmo nas concentrações mais baixas (SOARES, *et al.*, 2007).

Oliveira (2013) coloca também que a disponibilidade de Cádmio esta diretamente associada com o potencial Hidrogeniônico (pH) que o solo apresenta, e observou que, com a elevação do pH nas mesmas concentrações de Cádmio várias culturas responderam positivamente quanto à germinação, em alguns casos dobrando seu potencial germinativo, em outros até quadruplicando sua germinação.

A concentração de metais pesados, especialmente Cádmio e Chumbo, quando

colocados em meio para germinação de plântulas, reduziram significativamente a massa seca da *Lemna polyrrhiza*. Os parâmetros como peso da massa seca e o comprimento da raiz foram utilizados como indicadores de toxicidade dos metais nas plantas. Comprovando ainda que o estresse de Cádmio mostrou um declínio mais elevado nesse parâmetro em relação ao Chumbo (JOHN, *et al.*, 2008).

O crescimento é o melhor índice para avaliar a resposta da planta ao estresse ambiental. O estudo morfológico desenvolvido mostrou que houve crescimento mínimo nas plantas em que a concentração de Cádmio foi de $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, quando comparados com a parcela de controle (BHARDWAJ, CHATURVEDI e PRASAD, 2009).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito que o Cádmio exerceu na porcentagem de germinação com o aumento das concentrações e os dias de avaliação foram significativos, comprovando sua toxicidade.

No que diz respeito ao tamanho de raiz e parte aérea referente aos dias de avaliação, também ocorreu efeito significativo, prejudicando o desenvolvimento das plântulas, o que possa vir a prejudicar o estande em lavouras com presença desse metal pesado.

Sabendo da importância da adubação, tanto de dejetos suínos quanto de adubos fosfatados, para que continuamos a cultivar soja em alto nível de produção, devemos estar cientes que essas fontes de nutrientes podem ter em sua composição metais pesados prejudiciais para as plantas, entre eles está o Cádmio, o Zinco, o Chumbo e o Cobre. Prejudicando seu potencial germinativo, desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, entre outros malefícios que podem causar ao solo e às plantas.

O estudo demonstrou que o descarte adequado dos dejetos suínos e lodo de esgoto, podem ser benéficos em termos de adubação de plantas, complementando a fertilidade do solo sem prejudicar o desenvolvimento das plantas.

Embora o uso da cultura da soja seja mais rápido para a obtenção de resultados sob efeitos dos elementos tóxicos, se deve também realizar estudos com espécies arbóreas, para que a legislação possa regulamentar a quantidade de elementos tóxicos nos solos de cultivos.