

Doses de dejetos líquidos de suínos e seu efeito na germinação de sementes de soja, trigo e milho

Effect of pig slurry doses on soybean, wheat and corn seed germination

Luis Henrique Cichelero¹, Danni Maisa da Silva^{1*}, Robson Evaldo Gehlen Bohrer¹, Diego Armando Amaro da Silva¹, Marciel Redin¹, Eduardo Lorensi de Souza¹, Divanilde Guerra¹, Márlon de Castro Vasconcelos¹ e Mastrângello Enivar Lanzasova¹

¹ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Autor para correspondência:

danni-silva@uergs.edu.br

Conflitos de Interesse:

Os autores declaram não ter conflito de interesse.

Contribuição dos autores:

Todos os autores fizeram contribuições substanciais para a concepção e desenho deste estudo, para a análise e interpretação dos dados, revisão do manuscrito e aprovação da versão final. Todos os autores assumem responsabilidade pelo conteúdo do manuscrito.

Financiamento: Nenhum.

Período de publicação:
Janeiro-Junho de 2023

Histórico

Recebido: 13/01/2022;

Aceito: 09/05/2023

Editor responsável:

Enrique Benítez León y Arnaldo Esquivel Fariña

Licença:

Artigo publicado em acesso aberto sob uma licença Creative Commons CC-BY 4.0

RESUMO

A produção de suínos confinados gera efluentes que quando aplicados no solo servem como fonte de fertilizante e quando aplicados sem tratamento adequado alteram a qualidade ambiental. Estes dejetos contêm elementos potenciais contaminantes cuja aplicação excessiva gera acúmulo de materiais e podem ocasionar efeitos tóxicos para as plantas, como na germinação de sementes. Neste estudo objetivou-se analisar o efeito de doses de dejetos líquidos de suínos (DLS) sobre a germinação de três culturas de grãos de interesse agrícola. Os ensaios foram realizados em condições de laboratório com sementes de soja, trigo e milho, que foram dispostas em placas de Petri, na quantidade de dez sementes por placa. Foram aplicadas doses tratamentos de DLS, caracterizado quimicamente, correspondentes a 0, 1,4 e 2,1 xDP (vezes a Dose Padrão) m³ ha⁻¹ com três repetições. As placas foram colocadas na BOD em temperatura 24 °C. Os dados obtidos foram analisados pelo teste de Tukey (5%). Aos sete dias do início do ensaio foi determinada a porcentagem de germinação. O DLS possui em sua composição alguns elementos potenciais contaminantes, como o cobre, o zinco e o amônio, os quais podem ocasionar prejuízos na germinação de diversas culturas, sobretudo com exposição direta das sementes nas placas de Petri. As sementes de soja e trigo sofreram efeito negativo da aplicação de DLS apresentando redução na taxa de germinação com o uso de 1,4 e 2,1 xDP m³ ha⁻¹. A aplicação do equivalente a 1,4 e 2,1 xDP m³ ha⁻¹ de DLS não afetaram significativamente a germinação de sementes de milho.

Palavras-chave: toxicidade, emergência de plântulas, fertilizante orgânico, suinocultura

ABSTRACT

Pig production generates effluents that, when applied to the soil, serve as a source of fertilizer and, when applied without adequate treatment, alter the environmental quality. These wastes contain potential contaminating elements whose excessive application generates an accumulation of materials and can cause toxic effects for plants, such as seed germination. This study aimed to analyze the effect of doses of pig slurry (SP) on seed germination of three grain crops of agricultural interest. The assays were carried out under laboratory conditions with soybean, wheat, and corn seeds placed in Petri dishes, with ten seeds per dish. SP doses/treatments, chemically characterized, corresponding to 0, 1,4, and 2,1 tSD (times the Standard Dose) m³ ha⁻¹ were applied with three replicates. The plates were placed in the BOD at temperature 24°C. The data obtained were analyzed using the Tukey test (5%). Seven days from the beginning of the trial, the percentage of germination was determined. SP has in its composition some potential contaminating elements, such as copper, zinc, and ammonium, which can cause damage to the germination of several cultures, especially with direct exposure of the seeds in Petri dishes. Soybean and wheat seeds were significantly affected by the application of SP, showing a reduction in the germination rate with the use of 100 and 150 m³ ha⁻¹. The application of the equivalent of 1,4, and 2,1 tSD m³ ha⁻¹ of SP did not significantly affect the germination of maize seeds.

Keywords: toxicity, seedling emergence, organic fertilizer, pig farming

INTRODUÇÃO

A carne suína é uma das mais produzidas e consumidas do mundo. No ano de 2021, o Brasil produziu 4,98 milhões de toneladas de carne de porco, figurando como 4º maior produtor mundial, com 77,52% da produção destinada ao mercado interno e 22,48% para exportação (Associação de Criadores de Suínos do Rio Grande do Sul [ACSURS], 2023). Os principais estados responsáveis pela produção no Brasil são os estados de Santa Catarina (SC), Paraná (PR) Minas Gerais e Rio Grande do Sul (RS), aonde esse meio de produção é considerado uma atividade importante nos setores econômico e social (Stoll, 2017).

A cadeia produtiva de suínos é considerada uma das mais tradicionais do estado do RS pela grande importância econômica, social e poder de integração regional, bem como pela possibilidade de aumento de valor agregado de seus produtos e de melhoria da pauta de exportações pela predominância dos chamados produtos básicos (Branco, 2018; Atlas Econômico do Rio Grande Do Sul, 2020). No ano de 2022, o RS foi responsável por 20,4% do abate nacional, respondendo por 24,24% das exportações de carne suína brasileira (Associação Brasileira de Proteína Animal [ABPA], 2023). As granjas que estão sendo construídas são geralmente maiores e agregam novas tecnologias tanto ambientais e de construção, quanto de manejo, alimentação e sanidade dos animais (Bartels, 2018). O rebanho de suínos está distribuído pelo estado, com destaque para vários municípios da região noroeste do estado, como Santo Cristo, Três Passos e Boa Vista do Buricá, classificados entre os maiores do estado (ACSURS, 2023). A produção no RS está praticamente estabilizada nestes últimos anos, no entanto os produtores continuam construindo granjas tanto de produção de leitões como de terminação de suínos, o que, segundo Finken, Webers, Guerra, Silva e Lanzasova (2020), tem resultado numa evolução no número de animais alojados e de produtores nos últimos anos, em municípios como Três Passos/RS.

O principal sistema de criação de suínos utilizados no RS é por confinamento, que favorece o acúmulo de dejetos produzidos em pequenas áreas. A criação confinada de suínos gera grande quantidade de efluentes que ao serem descartados no solo alteram sua qualidade ambiental (Ito, Guimarães e Amaral, 2016). Em aplicações sucessivas de dejetos líquidos, por exemplo, podem provocar o acúmulo de frações de cobre (Cu) e zinco (Zn) no perfil do solo, especialmente nas camadas mais superficiais (Tiecher et al., 2013). Sendo assim, quando não se realiza algum tipo de tratamento para reduzir a sua carga potencialmente poluidora, os dejetos suínos transformam-se num fator que pode gerar desequilíbrios ambientais, destacando-se entre esses a contaminação dos recursos hídricos por metais pesados, nitrogênio, fosfatos e organismos de risco sanitário (Seganfredo, 2007).

Como uma possibilidade para a solução deste problema, passou-se a incentivar o uso dos dejetos como fertilizante do solo, após seu armazenamento e tratamento em esterqueiras e/ou lagoas anaeróbicas (Pessotto et al., 2018). Sendo assim, a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) como adubo orgânico no solo tem sido a

principal forma de utilização deste resíduo e uma das mais importantes alternativas, economicamente viáveis, de fertilização das pastagens nas regiões produtoras de suínos e leite do estado (Silva et al., 2015). Porém, Berwanger (2006) afirma que em muitas propriedades rurais, os dejetos são aplicados continuamente nos mesmos locais e em frequências e quantidades excessivas em relação à capacidade de absorção das plantas. Com isso, os níveis de impactos ambientais podem ser ainda mais elevados, pois as grandes quantidades dispostas podem ser percoladas até os recursos hídricos, com potencial de poluir águas superficiais e mesmo, subterrâneas (Pessotto et al., 2018). Além da poluição das águas subterrâneas, outros riscos potenciais para o ambiente são a salinização do solo, elevação dos níveis de metais pesados no solo e nas plantas e a contaminação de homens e animais por agentes patogênicos provenientes dos dejetos (Matos, 2016).

De acordo com Silva et al. (2016a), o uso sucessivo de DLS em determinadas áreas agropecuárias pode alterar as propriedades do solo, como a comunidade de organismos edáficos, de acordo com o tempo de aplicação dos dejetos no solo. Do mesmo modo, características químicas podem ser afetadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos, com alterações distintas nos teores de macronutrientes (N, P, K, Mg e Ca) e alumínio, nos valores de pH e saturação de bases dos solos, e aumento nas concentrações de metais pesados como Cu, Zn e Na (Matsuoka et al., 2019). Segundo Basso, Ceretta, Flores e Giroto (2012), Zn e Cu são os elementos com maior tendência de acúmulo em áreas que recebem sucessivas aplicações de dejetos líquidos de suínos. Ainda segundo Murari (2017), apesar da produção de suínos no Brasil ter grande relevância econômica, a produção de dejetos oriundos destes animais, por essa elevada concentração de metais pesados pode se tornar problemática. O Zn, que pode ser encontrado nestes dejetos, pode diminuir a germinação e o acúmulo de matéria seca das raízes e da planta inteira em plantas de sorgo, conforme estudo realizado por Yagi et al. (2006).

Outros estudos também têm demonstrado que o excesso de alguns nutrientes no ambiente causa a redução do processo germinativo de algumas culturas, como no caso do cádmio para a cultura do milho (Murari, 2017), mercúrio, cádmio, cobre e chumbo em plantas de *Arabidopsis*, embora a toxicidade dos metais tenha sido mais forte no crescimento de plântulas do que na germinação de sementes (Li, Mao e Liu, 2005), a redução severa da germinabilidade das sementes de muitas culturas, em altas concentrações de níquel no meio de crescimento (Ahmad e Ashraf, 2011). O estresse por metais pesados provocou diminuição na taxa de germinação e na mobilização de biomassa em plantas de feijão, ocorridas em função da drástica desordem na exportação de açúcares solúveis, especialmente na liberação de glicose e frutose imposta após a exposição ao excesso de cobre, o que restringiu a degradação do amido e da sacarose no tecido de reserva (Sfaxi-Bousbih, Chaoui e El Ferjani, 2010). Embora não existam plantas resistentes ao excesso de metais pesados, já estão sendo estudadas estratégias como o uso do Biochar (biocarbão) com a finalidade de reduzir a disponibilidade do cobre no solo e mesmo em solos contaminados, e produzir plântulas de milho vigorosas e bem desenvolvidas (Gonzaga et al., 2020).

Entretanto, os efeitos deletérios dos metais nas plantas causam além da redução na germinabilidade das sementes, a inativação de enzimas, danos às células por atuarem como antimetabólitos ou formação de precipitados ou quelatos com metabólitos essenciais, bem como afetam outros processos fisiológicos, como fotossíntese, troca gasosa, relações hídricas e absorção de minerais/nutrientes pelas plantas (Wani, Khan e Zaidi, 2012). Neste sentido, torna-se de fundamental importância o estudo dos impactos do uso de DLS sobre o desenvolvimento das plantas e, fundamentalmente, sobre a capacidade germinativa das sementes de culturas de importância agrícola. Sendo assim, neste trabalho objetivou-se analisar o efeito de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS) sobre a germinação de sementes de três culturas de grãos de interesse agrícola na região noroeste do RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em condições de laboratório, através da coleta dos dejetos líquidos de suínos (DLS) em fase de fermentação em uma propriedade produtora de suínos em fase de maternidade na região do estudo, sendo coletado de uma esterqueira (reservatório principal dos dejetos) na profundidade de 1 metro. A caracterização química (teores de macro e micronutrientes) do DLS é apresentada na Tabela 1.

O experimento foi realizado com o uso de placas de Petri, testando-se a germinação de sementes das culturas de soja, trigo e milho. Nessas placas foram adicionadas diferentes doses de DLS no momento do condicionamento das sementes para o início dos testes de germinação.

Os ensaios de germinação foram realizados na BOD em temperatura de 24°C (+/-2°C) e fotoperíodo de 16 horas, utilizando-se dez sementes de cada cultura, por placa de Petri, às quais foram adicionadas as doses de DLS

equivalentes a 0, 1,4 e 2,1 xDP (vezes a Dose Padrão) m³ ha⁻¹. As sementes utilizadas no estudo foram fornecidas por uma empresa do setor agrícola tendo sido previamente tratadas, via Tratamento de Sementes Industrial (TSI) com fungicida e inseticida, e armazenadas em local adequado. O experimento foi composto por 9 tratamentos, que têm como parâmetro a dose aplicada no solo por produtores da região, sendo esta equivalente a 200 m³ ha⁻¹ de DLS ano⁻¹ (Silva *et al.*, 2015), e considerada, para fins deste estudo, como sendo a "Dose Padrão" (DP), cujo detalhamento dos tratamentos utilizados é apresentado na Tabela 2.

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, totalizando assim 36 placas de Petri, que representaram as unidades experimentais. O esquema experimental em laboratório está representado na Figura 1.

Para determinação da área das placas foi utilizada a fórmula de $A = \pi \cdot r^2$, sendo o raio de 7,085, resultando em uma área de 0,0157699 m², e para calcular as doses de DLS correspondentes a dose 0 m³ (água); 1,4 xDP m³ ha⁻¹; 2,1 xDP m³ ha⁻¹ foi utilizada a regra de três básica sendo que 1 m³ equivale a 1000 litros, então 100 m³ é igual a 100.000 litros. Assim, na determinação da dose equivalente a 1,4 xDP m³ ha⁻¹ obteve-se um resultado de 0,044515 litros de DLS, que foi transformado em mL multiplicando-se os litros por 1.000 (mL), o que correspondeu a aplicação de 44,515 mL de DLS por placa de Petri, aos quais foram adicionados 22,225 mL de água para igualar o teor de umidade correspondente as placas de Petri cuja dosagem utilizada foi o equivalente a 2,1 xDP m³ ha⁻¹ de DLS.

Já para determinar a dose de 2,1 xDP m³ ha⁻¹ foi realizada a mesma conta, alterando-se os valores correspondentes que resultou em um total de 66,77 mL de DLS por placa. Nas placas sem aplicação de DLS foram adicionados somente 66,77 mL de água para o início do teste de germinação.

Tabela 1. Características químicas do DLS utilizado no experimento.

| | Mn | Cu | Zn | Fe | Ca | Mg | C/N | C | Na | P | K | N |
|-----|---------------------------------|------|------|------|-----|------|------|--------------------------------|-----|------|-----|------|
| | ----- mg kg ⁻¹ ----- | | | | | | | ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | |
| DLS | 3,19 | 16,9 | 12,0 | 15,2 | 249 | 31,4 | 1,37 | 9,7 | 1,2 | 0,02 | 0,5 | 7,14 |

Tabela 2. Tratamentos do experimento e a respectiva caracterização.

| Tratamento | Caracterização |
|------------|--|
| T1 | Trigo (T), sem aplicação de DLS* |
| T2 | T + 1,4 xDP m ³ ha ⁻¹ de DLS** |
| T3 | T + 2,1xDP m ³ ha ⁻¹ de DLS |
| T4 | Milho (M), sem aplicação de DLS |
| T5 | M + 1,4 xDP m ³ ha ⁻¹ de DLS |
| T6 | M + 2,1 xDP m ³ ha ⁻¹ de DLS |
| T7 | Soja (S), sem aplicação de DLS |
| T8 | S + 1,4 xDP m ³ ha ⁻¹ de DLS |
| T9 | S + 2,1 xDP m ³ ha ⁻¹ de DLS |

*DLS: Dejeito Líquido de Suínos; **xDP: vezes a Dose Padrão, para fins deste estudo - equivalente a 200 m³ ha⁻¹ de DLS ano⁻¹ (Silva *et al.*, 2015).

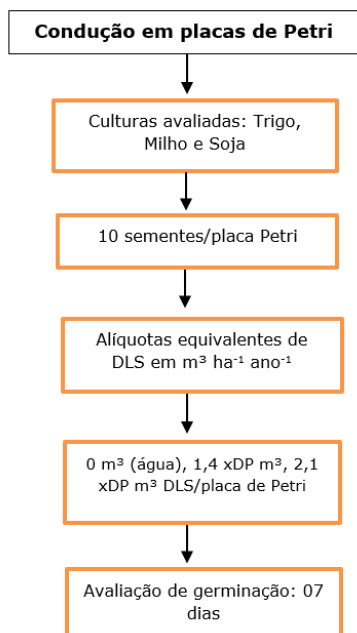


Figura 1. Esquema experimental dos testes de germinação de soja, trigo e milho submetidos a diferentes doses de DLS.

Durante o período de incubação das sementes (sete dias) na BOD, foi adicionada diariamente, água deionizada em todas as placas para repor a umidade perdida, em quantidade igual em todas as placas, até que o material de suporte para as sementes, papel toalha, ficasse encharcado.

A avaliação de germinação de sementes foi realizada sete dias após o início do ensaio, através da contagem do número de plantas germinadas segundo as Regras de Análises de Sementes (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009) e transformação em porcentagem multiplicando-se o número por 10. Na Figura 2 A é ilustrado o teste de germinação com sementes de soja e a Figura 1 B representa a imagem do teste de germinação com as sementes de trigo. Nota-se que as placas de Petri de cor mais clara são as que não receberam DLS, enquanto as placas de cor escura receberam dejetos.

A análise estatística foi realizada por meio de teste de regressão linear para verificação do efeito de doses de DLS na germinação das três culturas, através do programa estatístico R (R Development Core Team, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na descrição dos resultados, nota-se na Tabela 1, que alguns metais, como cobre e zinco estão presentes no DLS, nas concentrações de 16,9 e 12 mg kg⁻¹, respectivamente. Esses valores são referentes à quantidade de metais por quilograma de matéria seca do dejetos, sabendo-se que em média o DLS possui 3% de matéria seca (Silva et al., 2016b), na transformação dos dados, 1 m³ de DLS possui 30 kg de material seco, que conseqüentemente possui 507 mg de cobre e 360 mg de zinco, o que significa que as doses de 1,4 e 2,1 xDP m³ ha⁻¹ de DLS adicionados ao teste de germinação do presente estudo possuem 143,06 e 214,67 g ha⁻¹ de cobre e 101,59 e 152,42 g ha⁻¹ de zinco,

respectivamente. Esses valores representam uma alta carga de metais, especialmente em ambiente de estudo de germinação, no qual as sementes ficam expostas diretamente ao DLS e seus componentes. Segundo Basso et al. (2012), entre os materiais contaminantes que podem estar presentes nos dejetos estão os elementos amônio, níquel, cromo, manganês, cádmio, cobre e zinco, sendo que esses últimos dois são considerados elementos de maior concentração nos DLS. Com a aplicação excessiva de DLS, tanto o cobre como o zinco podem se acumular em grandes quantidades no solo (Giroto et al., 2010). Ainda, segundo Scherer, Nesi e Massotti (2010), o grande acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo em áreas com uso sucessivo de dejetos de suínos podem apresentar maior potencial de poluição ambiental por escoamento superficial do que as áreas com adubação mineral.

Além dos metais o DLS possui nitrogênio em sua composição, no caso desse estudo, são 7,14 g kg⁻¹ de matéria seca do dejetos. Do N total, grande parte está nas formas minerais NH₃ e NH₄⁺ (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016). Nesse contexto, Porto et al. (2019), ao testar a fitotoxicidade por nanopartículas de cobre e zinco para diferentes tratamentos na germinação de sementes de *Lactuca sativa* concluíram que o aumento da concentração principalmente em amostras contendo amônio, são altamente fitotóxicas dificultando a germinação das sementes e em amostras que foram utilizadas ZnSO₄ associadas ao NH₄⁺ acarretou dano letal na germinação das sementes. Nesse caso, percebe-se que tanto o amônio, quanto sua associação ao metal zinco podem contribuir para a inibição da germinação de sementes, fato esse que pode estar relacionado aos resultados do presente estudo, observados na Figura 2.

Os resultados dos testes de germinação indicam que, para as culturas de soja e trigo houve efeito significativo linear sobre a germinação das sementes com a aplicação das doses de 1,4 e 2,1 xDP m³ ha⁻¹ de DLS, cujos resultados podem ser observados na Figura 2.

Com base na Figura 3, observa-se que para as sementes de soja houve redução linear da germinação conforme a aplicação das doses de dejetos líquidos de suínos. Na dose 0, a germinação foi de 80%, enquanto na dose de 1,4 xDP m³ ha⁻¹, foi de 32,5% e na dose de 150 m³ ha⁻¹ a germinação foi de 17,5%. A germinação adequada de sementes das culturas causa a melhoria do crescimento inicial, vigor, maior acúmulo de matéria seca, maior população de plantas estabelecidas e conseqüentemente distribuição adequada das plantas na área, sendo que o conjunto de benefícios resulta em maior produtividade final (Scheeren, Peske, Schuch e Barros, 2010). Na comparação dos resultados do presente estudo com outros autores, Borges (2015), em experimento testando a ação de metais pesados como cádmio e cobre, metais esses que geralmente estão presentes no DLS, identificou que houve redução da porcentagem, retardo na germinação e redução do índice de vigor em *A. stringosa*. Vivian (2018), testando doses de zinco na germinação e crescimento inicial de soja, observou que doses acima de 100 mg L⁻¹ de zinco causam a diminuição na taxa de germinação das

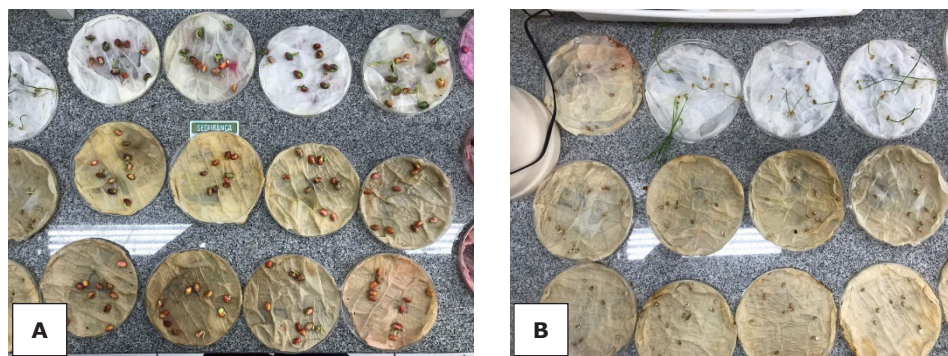
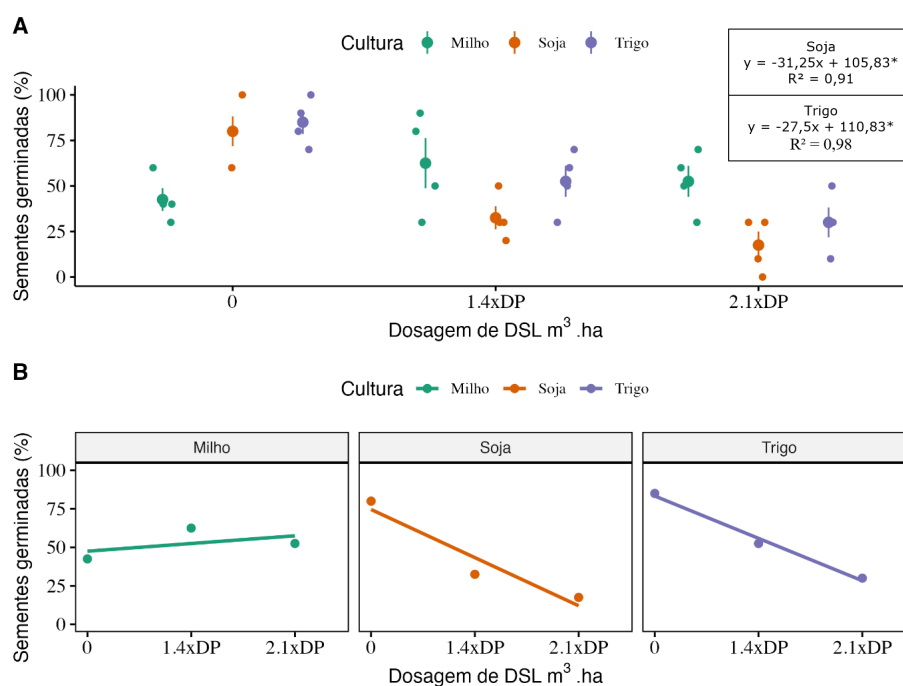


Figura 2. Imagem do teste de germinação de sementes de soja (A) e de trigo (B) com (placas escuras) e sem aplicação de DLS (placas claras).



*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; xDP: vezes a Dose Padrão, para fins deste estudo - equivalente a $200 m^3 ha^{-1}$ de DLS ano⁻¹ (Silva et al., 2015).

Figura 3. Porcentagem de germinação das sementes de milho, soja e trigo (A) e gráfico com linha de tendência da porcentagem de germinação das sementes de milho, soja e trigo (B) com a aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos.

sementes. Em experimento testando a germinação de soja e milho submetido a doses de dejetos líquidos de suínos, Danilussi (2019), constatou que não houve influência negativa na germinação de milho pelo incremento de doses de DLS, no entanto verificou que com o aumento das doses do dejetos (até $10 m^3 ha^{-1}$) a soja teve um declínio drástico na sua germinação. Resultado esse que corroborou com o presente trabalho, tanto para os resultados referentes à soja, quanto para o trigo.

Destaca-se entretanto, que os resultados podem se apresentar de maneira distinta quando a germinação é avaliada com sementes diretamente no solo ou em condições de laboratório, pois no solo o DLS aplicado passa por inúmeras transformações bioquímicas e pode

sofrer interação com a matéria orgânica e argilas, então, a aplicação sucessiva de altas dosagens do dejetos é o que ocasiona o acúmulo de alguns nutrientes (Mergen Junior et al., 2019; Basso et al., 2012; Ceretta et al., 2010; Scherer et al., 2010) que podem prejudicar a germinação (Tiecher, 2014), já que no laboratório o dejetos aplicado em alta dosagem fica em contato direto com as sementes, de modo que os efeitos negativos podem ser potencializados nos ensaios de germinação nas placas de Petri.

Outro fator que pode ter influência negativa na germinação de sementes é a aplicação de DLS com baixo nível de estabilização. Segundo Sediyaama, Vidigal, Pedrosa, Pinto e Salgado (2008), os esterco frescos ou não estabilizados podem esquentar e inibir a germinação de sementes e o

alongamento de raízes, além de contaminar o solo e os vegetais. Nesse contexto, de acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler [FEPAM] (2014), o sistema de armazenagem de dejetos suínos (esterqueiras) deve ser dimensionado de acordo com o plano de retirada e distribuição dos resíduos e de modo a garantir, como margem de segurança, um volume adicional de armazenagem de 20% e ter uma capacidade mínima para 120 dias de retenção. Esse período serve para a redução de componentes poluidores, para posterior disposição no solo, como fonte de nutrientes para as culturas (Kostaneski, 2018). Sobre esse tempo de permanência dos dejetos nas lagoas de estabilização, não há fiscalização nas propriedades rurais, então em muitos casos, o resíduo é aplicado nas áreas agrícolas mal estabilizado (Trautenmüller e Trautenmüller, 2017), podendo ocasionar contaminação e inibição da germinação de sementes (Sediyama et al., 2008).

Para o trigo a germinação foi de 85%, 52,5% e 30%, para as doses de 0, 1,4 e 2,1 xDP m³ ha⁻¹, respectivamente, mostrando efeito de redução significativa linear na germinação de sementes (Figura 3). A germinação é uma fase importante da semente, sendo um processo sensível a elementos-traços comparando com outros estágios do desenvolvimento da planta. Diferentes elementos-traços em doses distintas possibilitam diferentes graus de toxicidade podendo ou não inibir a germinação (Kranner e Colville, 2011). Munzuroglu e Geckil (2002), em experimento com trigo semeado em solo contaminado por alguns metais, como Hg, Cd, Co, Cu, Pb e Zn, concluíram que houve redução significativa da germinação do trigo ocasionada por todos os metais testados no experimento. Esses resultados demonstram que o trigo é sensível a presença de materiais tóxicos (metais) em excesso no ambiente de cultivo. Em experimentos com outras culturas e utilizando outros tipos de resíduos que contém elementos contaminantes, Franco et al. (2017) avaliando a germinação das sementes de alface e pepino utilizando lixiviado de aterro sanitário bruto verificaram efeito negativo na germinação das sementes. Thode Filho, da Paixão, da Silveira Maranhão e Franco (2019) verificaram efeito fitotóxico na germinação das sementes e no crescimento radicular de alface utilizando extrato de bagaço de cana de açúcar residual.

Para a cultura do milho não houve significância para o modelo linear, portanto as doses de dejetos líquidos de suínos não causaram efeito significativo na porcentagem de germinação das sementes. No entanto, em experimento testando doses do metal cádmio na germinação de sementes de duas variedades de milho, sendo uma híbrida e uma crioula, Murari (2017), concluiu que o efeito das diferentes doses de cádmio sobre a porcentagem de germinação das sementes de milho foi diferenciado de acordo com as épocas de avaliação, tendo apenas o milho híbrido apresentado interação entre os fatores de variação, ficando evidente que o cádmio é tóxico em relação a esta variável. Do mesmo modo, estudo realizado por Luchese, Gonçalves Junior, Luchese e Braccini (2004) concluíram em estudo realizado, que a aplicação de cobre nas sementes de milho diminuiu a capacidade de emergência das sementes, sem afetar a massa seca das plantas que emergiram.

Resultado semelhante ao presente estudo foi encontrado por Vaso, Bitencourt, Guidorissi e Flores (2021), que ao testarem diferentes biofertilizantes sobre a germinação de milho e feijão, não observaram efeitos negativos dos dejetos bovinos e ovinos sobre a germinação e crescimento inicial de ambas as culturas. Esses resultados indicam que a germinação de algumas culturas, em especial variedades de milho ocorre, sem prejuízos até mesmo em ambiente com alta quantidade de dejetos e presença de elementos tóxicos. De acordo com Clemens (2001), as plantas possuem mecanismos homeostáticos para manter as concentrações corretas de íons metálicos essenciais em diferentes compartimentos celulares e para minimizar os danos da exposição a íons metálicos não essenciais e uma rede regulada de atividades de transporte, quelação, tráfico e sequestro de metal funciona para fornecer a absorção, distribuição e desintoxicação de íons metálicos. Nesse estudo, acredita-se que esses mecanismos e a rede reguladora da absorção de nutrientes tenha sido diferenciada para as três espécies testadas, sendo o milho mais tolerável ao excesso de contaminantes no ambiente. Com vistas na análise e determinação de resultados mais definitivos, recomenda-se a realização de estudos a campo, para a análise do potencial de interação entre o solo e o uso dos DLS sobre o potencial germinativo das sementes.

CONCLUSÕES

As sementes de soja e trigo apresentam redução na taxa de germinação com o uso do equivalente a 1,4 e 2,1 xDP m³ ha⁻¹ de DLS em testes de laboratório nas placas de Petri.

A aplicação do equivalente a 1,4 e 2,1 xDP m³ ha⁻¹ de DLS não afetam a germinação de sementes de milho em placas de Petri.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação de Criadores de Suínos do Rio Grande do Sul (ACSURS). (2023). *ACSURS divulga ranking de suínos produzidos para abate*. Ed 650. Rio Grande do Sul: Associação Brasileira dos Criadores de suínos. [ABCS]. Disponível em: <https://acsurs.com.br/wp-content/uploads/2023/01/03-Jornal-Marco-2023.pdf>. Acesso em: 22 mai 2023.
- Ahmad, M. S. A. & Ashraf, M. (2011). Essential roles and hazardous effects of nickel in plants. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 214, 125-167.
- Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA). (2023). *Relatório anual 2023*. São Paulo: ABPA. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>. Acesso em: 22 mai 2023.
- Atlas Econômico do Rio Grande Do Sul. (2020) *Suínos O RS possui o 3º maior rebanho suíno do país*. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/suinos>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- Bartels, H. (2018). *Suinocultura*. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/area-tecnica/sistema-de-producao-animal/suinocultura.php#.XCQyyVVKjIV>. Acesso em: 27 dez. 2018. No ingresa al link
- Basso, C. J., Ceretta, C. A., Flores, É. M. D. M. e Giroto, E. (2012). Teores totais de metais pesados no solo

- após aplicação de dejetos líquidos de suínos. *Ciência Rural*, 42(4), 653-659.
- Berwanger, A. L. (2006). *Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos*. (Dissertação Mestrado em Ciência do Solo). Santa Maria: Universidade Federal de Santa, 105 f.
- Borges, K. S. C. (2015). *Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de cobertura e forrageiras em exposição a cádmio, cobre e chumbo*. (Tese Doutorado - Curso de Manejo do Solo). Santa Catarina: Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 132 f.
- Branco, M. (2018). *Empresários e governo tentam ampliar pauta de exportação do Brasil*. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-09/empresarios-e-governo-tentam-ampliar-pauta-de-exportacao-do-brasil>. Acesso em: 07 dez. 2021.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (CQFS-RS/SC). (2016). *Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 376p.
- Ceretta, C. A., Lorensini, F., Brunetto, G., Giroto, E., Gatiboni, L. C., Lourenzi, C. R.,... & Miotto, A. (2010). Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(6), 593-602.
- Clemens, S. (2001). Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. *Planta*, 212(4), 475-486.
- Danilussi, M. T. Y. (2019). Germinação de soja e milho com uso de biofertilizantes. 30 f. (Dissertação mestrado - Curso de Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais). Palotina: Universidade Federal do Paraná.
- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS (FEPAM). (2014). Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/diret_suinos_novos.pdf. Acesso em: 08 dez. 2021.
- Finken, E. S., Webers, E., Guerra, D., Silva, D. M. e Lanzanova, L. S. (2020). Evolução dos sistemas de produção de suínos e aves em um município da região celeiro. *Revista Científica Rural*, 22(2), 343-355.
- Franco, H. A., de Oliveira Martins, G. M., Mussel, Y. L., Moreno, S. C., Thode Filho, S. e da Costa Marques, M. R. (2017). Ecotoxicidade de lixiviado de aterro sanitário na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista de Estudos Ambientais*, 19(1), 36-43.
- Giroto, E., Ceretta, C. A., Brunetto, G., Santos, D. R. D., Silva, L. S. D., Lourenzi, C. R., ... & Schmatz, R. (2010). Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(3), 955-965. doi: [10.1590/S0100-06832010000300037](https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300037)
- Gonzaga, M. I. S., Matias, M. I. D. A. S., Andrade, K. R., de Jesus, A. N., da Costa Cunha, G., de Andrade, R. S., & de Jesus Santos, J. C. (2020). Aged biochar changed copper availability and distribution among soil fractions and influenced corn seed germination in a copper-contaminated soil. *Chemosphere*, 240, 124828. doi: [10.1016/j.chemosphere.2019.124828](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124828)
- Ito, M., Guimarães, D. D. e Amaral, G. F. (2016). Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, (44), 125-156.
- Kostaneski, P. C. (2018). *Comparação da eficiência de lagoas de estabilização e biodigestores no manejo e tratamento de dejetos em empreendimentos da suinocultura no município de Toledo - PR*. (Dissertação Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura). Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 100 f.
- Kranner, I. & Colville, L. (2011). Metals and seeds: biochemical and molecular implications and their significance for seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 72(1), 93-105.
- Li, W., Mao, R. & Liu, X. (2005). Effects of stress duration and non-toxic ions on heavy metals toxicity to Arabidopsis seed germination and seedling growth. Ying Yong Sheng tai xue bao= *The Journal of Applied Ecology*, 16(10), 1943-1947.
- Luchese, A. V., Gonçalves Junior, A. C., Luchese, E. B. & Braccini, M. D. C. L. (2004). Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. *Ciência Rural*, 34(4), 1949-1952.
- Matos, C. F. (2016). *Produção de biogás e biofertilizante a partir de dejetos de bovinos, sob sistema orgânico e convencional de produção*. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Seropédica: Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 52 f.
- Matsuoka, M., Caron, C., Pereira Rosa, J. R. P., Schalleberger, J. B., Gomes, C. N., e da Ros, C. O. (2019). Impacto da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade de solos do oeste catarinense. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 8(1), 540-562.
- Mergen Junior, C. A., Loss, A., dos Santos Junior, E., Ferreira, G. W., Comin, J. J., Lovato, P. E. & Brunetto, G. (2019). Atributos químicos em agregados biogênicos e fisiogênicos de solo submetido à aplicação com dejetos suínos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(1), 1-8.
- Munzuroglu, O. & Geckil, H. İ. K. M. E. T. (2002). Effects of metals on seed germination, root elongation, and coleoptile and hypocotyl growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 43(2), 203-213. doi: [10.1007/s00244-002-1116-4](https://doi.org/10.1007/s00244-002-1116-4).
- Murari, I. P. (2017). *Germinação de sementes e crescimento de plântulas de Zea mays submetidas a concentrações tóxicas e subtóxicas de cádmio*. (Trabalho de conclusão de curso Bacharelado em Agronomia). Chapecó: Universidade Federal da Fronteira Sul, 31 f.
- Pessotto, P. P., da Silva, R. F., Da Ros, C. O., da Silva, V. R., da Silva, D. A. A. & Grolli, A. L. (2018). Atributos químicos de um Neossolo Regolítico sob uso de dejetos de suínos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(3), 408-416.
- Porto, A. S., Bezerra, M. G. F., Fabaian, F. A. & Santos, J. G. (2019). Fitotoxicidade por Cobre e Zinco para diferentes tratamentos de *Lactuca sativa*. *Natureza online*, 17(1), 32-40.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). *Regras para Análise de Sementes (RAS)*. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 200.
- R Development Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 05 dez. 2021.
- Scheeren, B. R., Peske, S. T., Schuch, L. O. B. & Barros, A. C. A. (2010). Qualidade fisiológica e produtividade

- de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(3), 35-41.
- Scherer, E. E., Nesi, C. N. e Massotti, Z. (2010). Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4), 1375-1383.
- Sediyama, M. A., Vidigal, S. M., Pedrosa, M. W., Pinto, C. L. & Salgado, L. T. (2008). Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12, 638-644.
- Seganfredo, M. A. (Ed.). (2007). *Gestão ambiental na suinocultura* (pp. 150-175). Embrapa Informação Tecnológica.
- Sfaxi-Bousbih, A., Chaoui, A. & El Ferjani, E. (2010). Copper affects the cotyledonary carbohydrate status during the germination of bean seed. *Biological trace element research*, 137, 110-116.
- Silva, D. M. D., Antonioli, Z. I., Jacques, R. J. S., Silveira, A. D. O., Silva, D. A. A. D., Rache, M. M., ... & Silva, B. R. D. (2015). Indicadores microbiológicos de solo em pastagem com aplicação sucessiva de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, 1585-1594.
- Silva, D. M. D., Jacques, R. J. S., Silva, D. A. A. D., Santana, N. A., Vogelmann, E., Eckhardt, D. P. & Antonioli, Z. I. (2016a). Effects of pig slurry application on the diversity and activity of soil biota in pasture areas. *Ciência Rural*, 46, 1756-1763.
- Silva, L. D. S., Gatiboni, L. C., Anghinoni, I., e Souza, R. O. (2016b). Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo*.
- Stoll, G. (2017). Diagnóstico de geração e destinação final de dejetos suínos no município de Santa Clara do Sul/RS. 2017. (Monografia Graduação em Engenharia Ambiental). Lajeado: Universidade do Vale do Taquari – Univates.
- Thode Filho, S., da Paixão, C. P. S., da Silveira Maranhão, F. e Franco, H. A. (2019). Avaliação ecotoxicológica do extrato solubilizado de bagaço de cana-de-açúcar residual via germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). *Revista de estudos ambientais*, 21(1), 46-55.
- Tiecher, T. L. (2014). *Alterações fisiológicas em milho cultivado em solo com alto teor de cobre e submetido à aplicação de zinco*. (Dissertação Mestrado - Curso de Ciência do Solo). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 44 f.
- Tiecher, T. L., Ceretta, C. A., Comin, J. J., Girotto, E., Miotto, A., Moraes, M. P. D., ... & Brunetto, G. (2013). Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37, 812-824.
- Trautenmüller, A. V. e Trautenmüller, A. C. (2017). *Diagnóstico da geração e disposição final dos dejetos suínos no município de Três Passos/RS*. Univates. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/5ddb7907-2e89-403d-b5c8-32550e6e376f/content>. Acesso em: 08 dez. 2021.
- Vaso, L. M., Bitencourt, G. D. A., Guidorissi, N. D. S. & Flores, J. P. (2021). Avaliação da germinação de milho e feijão sob efeito de biofertilizantes. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 8(18), 371-380.
- Vivian, M. (2018). *Germinação de sementes e crescimento de plântulas de soja sob diferentes concentrações de zinco*. (Trabalho de conclusão de curso Bacharelado em Agronomia). Chapecó: Universidade Federal da Fronteira Sul, 31 f.
- Wani, P. A., Khan, M. S. & Zaidi, A. (2012). Toxic effects of heavy metals on germination and physiological processes of plants. In *Toxicity of heavy metals to legumes and bioremediation* (pp. 45-66). Springer, Vienna.
- Yagi, R., Simili, F. F., Araújo, J. C. D., Prado, R. D. M., Sánchez, S. V., Ribeiro, C. E. R. & Barretto, V. C. D. M. (2006). Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 655-660.