

CAPÍTULO 10

EFEITO DE DIFERENTES LÂMINAS DE EFLUENTE DA SUINOCULTURA NA MASSA SECA DA PARTE RADICULAR DE AVENA STRIGOSA SCHREB



<https://doi.org/10.22533/at.ed.8351525120610>

Data de aceite: 15/07/2025

Paola da Rosa Lira

Doutoranda em Engenharia. Universidade Federal do Pampa. Alegrete. Brasil

Fátima Cibele Soares

Professora/Pesquisadora do curso de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Pampa. Alegrete. Brasil.

Franciele Altíssimo Bortolás

Mestre em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria. Brasil

Patricia da Rosa Lira

Doutoranda em Engenharia. Universidade Federal do Pampa. Alegrete. Brasil

Jumar Luís Russi

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Pampa. Alegrete. Brasil

RESUMO: A aveia preta (*Avena strigosa*) destaca-se como uma cultura versátil de inverno, com grande relevância na proteção do solo, rotação de culturas e como forrageira. Entre os fatores que influenciam seu bom desempenho, o desenvolvimento do sistema radicular é fundamental, pois determina a capacidade da planta em absorver água e nutrientes, especialmente em condições de déficit hídrico. Nesse contexto, o presente estudo teve como

objetivo avaliar os efeitos da irrigação com efluente da suinocultura, aplicado em diferentes turnos e lâminas, sobre o crescimento e vigor do sistema radicular da aveia preta, cultivada em casa de vegetação. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete/RS, utilizando delineamento inteiramente casualizado, em esquema bifatorial: quatro lâminas de irrigação (T1 – água potável 100%; T2 – efluente 50%; T3 – efluente 100%; T4 – efluente 200%) e três turnos de rega (a cada 2, 4 e 7 dias), com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os resultados demonstraram que os tratamentos com 100% e 200% de efluente promoveram um sistema radicular mais desenvolvido, com maior acúmulo de matéria seca, em especial sob regas a cada dois dias. A evapotranspiração acumulada foi de 283,18 mm ao longo do ciclo. Esses dados indicam que o uso racional do efluente da suinocultura é capaz de suprir as exigências nutricionais da aveia preta, favorecendo o enraizamento e contribuindo para uma planta mais resiliente e produtiva, ao mesmo tempo em que oferece uma alternativa sustentável para o reuso de águas residuárias.

PALAVRAS CHAVES: Forrageira, efluente, irrigação, águas residuárias.

EFFECT OF DIFFERENT DEPTH OF SWINE EFFLUENT ON THE DRY MASS OF ROOT OF AVENA STRIGOSA SCHREB

ABSTRACT: Black oats (*Avena strigosa*) stand out as a versatile winter crop, with great relevance in soil protection, crop rotation and as forage. Among the factors that influence its good performance, the development of the root system is fundamental, since it determines the plant's capacity to absorb water and nutrients, especially in conditions of water deficit. In this context, the present study aimed to evaluate the effects of irrigation with swine effluent, applied in different shifts and depths, on the growth and vigor of the root system of black oats, grown in a greenhouse. The experiment was conducted at the Federal University of Pampa – Alegrete/RS Campus, using a completely randomized design, in a two-factor scheme: four irrigation depths (T1 – 100% potable water; T2 – 50% effluent; T3 – 100% effluent; T4 – 200% effluent) and three irrigation shifts (every 2, 4 and 7 days), with four replicates, totaling 48 experimental units. The results showed that treatments with 100% and 200% effluent promoted a more developed root system, with greater accumulation of dry matter, especially under watering every two days. The accumulated evapotranspiration was 283.18 mm throughout the cycle. These data indicate that the rational use of pig farming effluent is capable of meeting the nutritional requirements of black oats, favoring rooting and contributing to a more resilient and productive plant, while offering a sustainable alternative for the reuse of wastewater.

KEYWORDS: Forage, effluent, irrigation, wastewater.

INTRODUÇÃO

Diante dos desafios impostos pela escassez hídrica, pelas mudanças climáticas e pela intensificação da produção agropecuária, torna-se cada vez mais urgente o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis, capazes de integrar produtividade com conservação ambiental. Uma das práticas mais promissoras nesse contexto é o reuso de águas residuárias, especialmente provenientes da suinocultura, que além de representar uma alternativa à fertilização convencional, também pode favorecer o desenvolvimento das culturas, sobretudo em seus estágios iniciais, quando o estabelecimento do **sistema radicular** é determinante para o sucesso agronômico.

A *Avena strigosa Schreb.*, conhecida como **aveia-preta**, é uma forrageira amplamente utilizada no sul do Brasil, destacando-se por sua rusticidade, alta capacidade de rebrote e boa adaptação a solos de baixa fertilidade (Sordi, 2019; Mazocco, 2019). Mais do que sua parte aérea, o que confere à aveia-preta um papel estratégico em sistemas integrados de produção é sua capacidade de desenvolver um sistema radicular profundo e bem ramificado, que contribui significativamente para a estruturação e aeração do solo, o aumento da infiltração de água, a ciclagem de nutrientes e a tolerância a estresses hídricos.

O sistema radicular das gramíneas forrageiras, especialmente em culturas de cobertura como a aveia-preta, representa uma das bases para a sustentabilidade do agroecossistema, funcionando como ponte viva entre o solo e a planta, entre a biologia e a produção. Seu vigor depende diretamente das condições hídricas e nutricionais do solo, tornando-se um excelente indicador para a avaliação de práticas como a fertirrigação com efluentes da suinocultura.

Neste cenário, os efluentes suinícolas, ricos em macro e micronutrientes, despontam como uma alternativa valiosa para a irrigação de culturas forrageiras. Seu uso controlado não só reduz o impacto ambiental do descarte inadequado, como também favorece o crescimento do sistema radicular, estimulando maior absorção de nutrientes, maior resiliência à seca e maior produtividade da biomassa (Bosco et al., 2016; Kamimura et al., 2015). Além disso, a aplicação de água residuária pode induzir respostas fisiológicas nas plantas, modulando o crescimento das raízes e influenciando diretamente sua arquitetura e eficiência funcional.

A agricultura, sendo responsável por cerca de 70% da demanda hídrica global, encontra no reuso de água uma solução ética e estratégica. Mais do que reaproveitar um recurso, trata-se de reconfigurar o olhar sobre os resíduos, compreendendo-os como **elementos regenerativos** capazes de nutrir o solo e fortalecer as raízes — literalmente e simbolicamente (Santos et al., 2020).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento do sistema radicular da aveia-preta submetida à irrigação com diferentes concentrações de água residuária da suinocultura, contribuindo para o avanço de práticas agronômicas sustentáveis que valorizam tanto a saúde do solo quanto o potencial das plantas em transformar desafios ambientais em oportunidades produtivas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta secção descreve o tipo de pesquisa conduzida, bem como os procedimentos metodológicos utilizados para alcançar os objetivos propostos, com foco especial no desenvolvimento do sistema radicular da aveia preta sob diferentes condições de irrigação.

O experimento foi realizado na Área Experimental de Engenharia Agrícola (AEEA) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Alegrete – RS. As atividades ocorreram em uma casa de vegetação com orientação leste-oeste, situada nas coordenadas 29°47' de latitude, 55°46' de longitude e 91 metros de altitude. A estrutura conta com 105 m² (7 m x 15 m), construída com armação de aço galvanizado, revestida com plástico convencional e ventilação lateral natural.

As sementes de *Avena strigosa* (variedade Embrapa 139 – Neblina) foram semeadas em vasos de PVC com volume de 11 L (35 cm de diâmetro x 31 cm de altura). Para garantir a drenagem, uma manta foi colocada no fundo de cada vaso, posteriormente preenchido com solo local previamente seco ao ar, destorrado e peneirado para homogeneização. Foram semeadas 25 sementes por vaso, no dia 6 de maio de 2022. A irrigação inicial foi realizada diariamente de forma manual, apenas para manter a umidade do solo até as plantas atingirem aproximadamente 10 cm de altura. Os tratamentos foram iniciados 15 dias após a semeadura. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema bifatorial, com quatro lâminas de irrigação e três turnos de rega (a cada 2, 4

e 7 dias), totalizando 48 unidades experimentais, com quatro repetições por tratamento. Os tratamentos de irrigação foram: T1: Água potável (100%); T2: Efluente da suinocultura (50%); T3: Efluente da suinocultura (100%) e T4: Efluente da suinocultura (200%).

A irrigação foi conduzida com base na evapotranspiração da cultura (ETc), estimada por meio do método do Tanque Classe A, instalado no interior da casa de vegetação. A equação utilizada foi:

$$ETc = Ev \times Kp \times Kc$$

Onde:

ETc = Evapotranspiração da cultura (mm);

Ev = Evaporação do tanque (mm);

Kp = Coeficiente do tanque (adimensional);

Kc = Coeficiente da cultura.

Com os valores obtidos, definiu-se o volume de irrigação e as respectivas doses de efluente para aplicação nos vasos. Foram analisados os seguintes parâmetros ao longo do ciclo:

Massa seca da parte aérea (MSPA)

Realizaram-se dois cortes da parte aérea: o primeiro aos 66 dias após semeadura (DAS) e o segundo aos 115 DAS. As plantas foram cortadas a 2 cm do solo e secas em estufa a 65°C por 72 horas.

Massa seca da parte radicular (MSPR)

Ao final do ciclo, as raízes foram cuidadosamente coletadas, lavadas, secas ao ar e posteriormente em estufa (65°C por 72 horas), para determinação da MSPR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figuras 1.a e 1.b ilustram os valores médios de massa seca da parte aérea (MSPA) no primeiro corte, considerando as diferentes lâminas de irrigação e turnos de rega. Conforme demonstrado na Figura 1.a, o maior valor de MSPA foi obtido no tratamento T4, com aplicação de 200% de efluente da suinocultura, independentemente do intervalo entre regas. Em contraste, o menor valor foi observado na lâmina T2, com 50% de efluente, que apresentou 21,36 gramas, enquanto a testemunha (T1 – 0% de efluente) atingiu 30,08 gramas. A mínima eficiência técnica (MET) para esse parâmetro ocorreu com 32,3% de efluente, correspondendo a 27,28 gramas de MSPA.

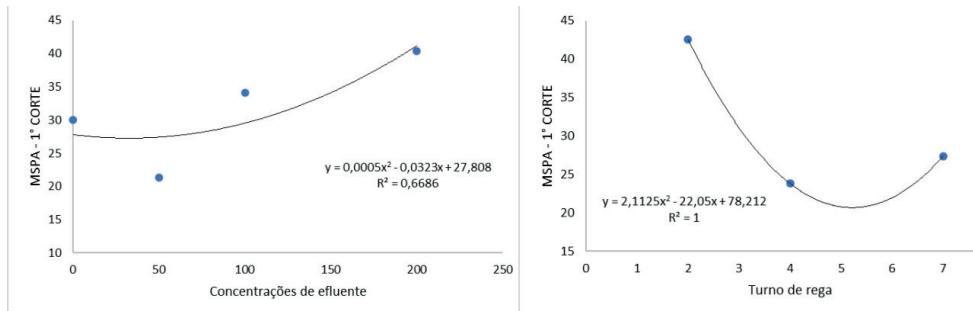


Figura 1 a) Massa seca da parte aérea - 1º corte em função da lâmina de irrigação. b) Massa seca da parte aérea - 1º corte em relação ao turno de rega.

Fonte: Autores, 2023.

Estes resultados alinham-se parcialmente com os achados de Gonçalves (2021), que avaliou o efeito da fertirrigação com água residuária da suinocultura no milho (*Zea mays L.*), observando massa seca aérea de 55 gramas aos 60 dias após semeadura (DAS), valor superior ao máximo encontrado neste estudo (40,41 gramas). A diferença pode estar associada à especificidade da cultura e às condições experimentais, reforçando a necessidade de ajuste nos manejos de fertirrigação para cada espécie.

Além disso, a análise do efeito do turno de rega (Figura 1.b) revelou que a irrigação a cada 2 dias resultou no maior valor de MSPA, com 42,56 gramas, enquanto o menor valor ocorreu com intervalo de 4 dias, com 23,81 gramas. A mínima eficiência técnica para o turno de rega foi estimada em 5,2 dias, associada a 20,6 gramas de massa seca aérea.

Estes dados corroboram com os estudos de Herrmann et al. (2016) e Pacheco et al. (2017), que evidenciaram a importância do manejo adequado da fertirrigação para maximizar o crescimento da parte aérea e do sistema radicular. Herrmann et al. destacaram o incremento da biomassa aérea com a associação entre efluente e fertilização mineral, enquanto Pacheco et al. (2017) ressaltaram a influência positiva das melhorias na estrutura física do solo para o desenvolvimento radicular, o que indiretamente potencializa a massa seca aérea, reforçando a relevância do manejo integrado da irrigação e da fertilização.

A Figura 2 apresenta os valores médios de massa seca da parte aérea (MSPA) ao final do ciclo da cultura da aveia preta, referentes ao segundo corte. Observa-se que a maior MSPA foi obtida com a lâmina de irrigação T4 (200% de efluente), totalizando 21,16 gramas. A menor massa seca foi registrada no tratamento T2 (50% de efluente), com 6,58 gramas, enquanto a testemunha (T1 – 0% de efluente) atingiu 15,08 gramas. A mínima eficiência técnica (MET) foi estimada em 52% de efluente, resultando em uma massa seca de 26 gramas.

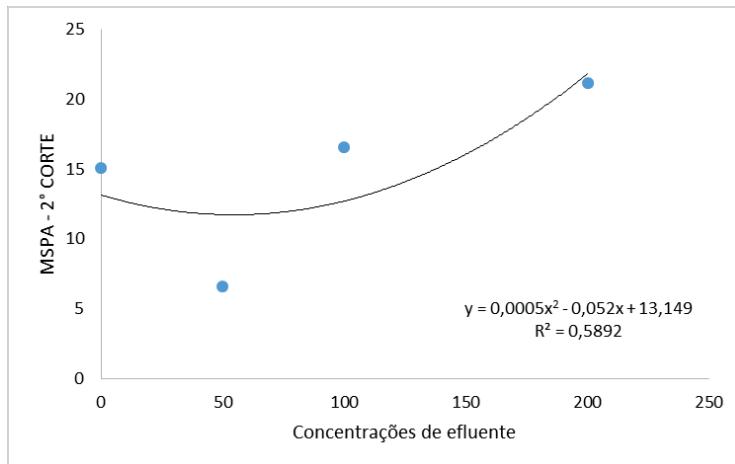


Figura 2 -Massa seca da parte aérea - 2º corte em relação a lâmina de irrigação.

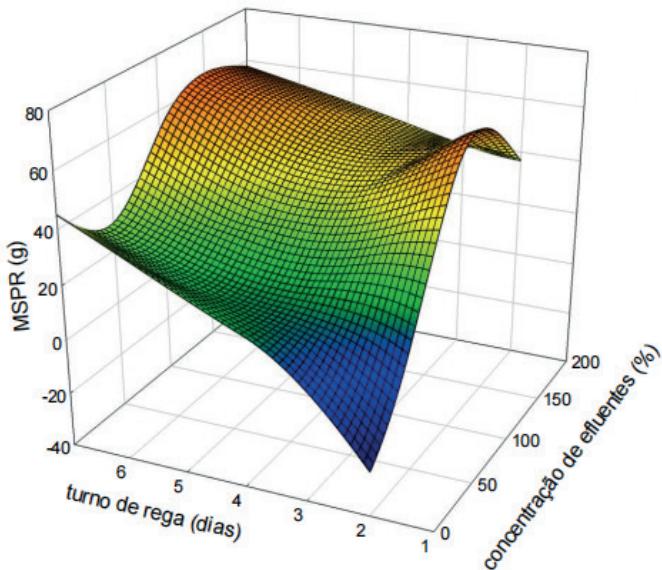
Fonte: Autores,2023.

Esses resultados reforçam a tendência observada no primeiro corte, confirmando que concentrações mais elevadas de efluente da suinocultura favorecem a produção de biomassa aérea. A resposta positiva da aveia preta à maior dose de efluente está em consonância com os achados de **Herrmann et al. (2016)**, que destacaram o aumento significativo da produtividade da parte aérea da cultura quando fertilizada com efluente, especialmente em associação com adubação mineral. Apesar de nossos valores absolutos serem inferiores, a resposta proporcional à elevação das doses de efluente é semelhante, evidenciando a eficácia do efluente como fonte de nutrientes.

Além disso, o comportamento observado também dialoga com **Pacheco et al. (2017)**, ao considerar que a estrutura física do solo, influenciada positivamente pela aplicação do efluente (com aumento da macroporosidade e redução da densidade do solo), favorece o desenvolvimento radicular e, indiretamente, potencializa a parte aérea da planta. Isso sugere que, mesmo em condições controladas de casa de vegetação, a qualidade física do substrato pode ter contribuído para os resultados obtidos.

Por fim, os dados aqui apresentados complementam os de **Gonçalves (2021)**, que observou massas secas mais elevadas em milho irrigado com efluente. A diferença entre as culturas reforça a importância da adaptação do manejo à espécie cultivada, mas a tendência geral de resposta positiva à aplicação de efluente é confirmada.

Assim, os resultados do segundo corte reafirmam a viabilidade do uso de efluente da suinocultura como estratégia de fertirrigação sustentável, promovendo incrementos na massa seca da parte aérea da aveia preta, especialmente quando utilizado em maiores lâminas.



Fonte: Autores, 2023.

O uso de fontes alternativas de nutrientes para o desenvolvimento vegetal tem sido amplamente investigado, destacando-se, por exemplo, a inoculação com *Azospirillum brasiliense*, que, segundo Neto et al. (2014), contribui significativamente para o aumento da massa seca radicular da aveia preta por meio da fixação biológica de nitrogênio no solo. De modo semelhante, o efluente de suinocultura tem se mostrado eficiente no suprimento das exigências nutricionais das plantas, promovendo melhorias no desenvolvimento das raízes. Essa tendência é reforçada ao se analisar a influência do turno de rega e das lâminas de irrigação baseadas em diferentes concentrações de efluente, onde se observa que a aplicação da lâmina T4 (200% de efluente), associada a um turno de rega de 7 dias, proporcionou plantas com maior massa seca da parte radicular (MSPR), enquanto a lâmina T2 (50% de efluente), com irrigação a cada 4 dias, resultou em valores significativamente menores de MSPR. Esses dados reforçam a importância da disponibilidade equilibrada de nutrientes e do manejo hídrico adequado para o desempenho vegetal. Tal perspectiva também é abordada por Tymchuk et al. (2020), ao demonstrarem que águas residuais e lodos de esgoto podem ser utilizados como fontes de nutrientes essenciais (nitrogênio, fósforo e potássio), favorecendo o crescimento das culturas, especialmente quando associados a materiais que otimizam a absorção. Dessa forma, tanto o uso de microrganismos promotores de crescimento quanto a aplicação estratégica de resíduos orgânicos líquidos sob diferentes regimes de irrigação mostram-se estratégias sustentáveis e eficazes para intensificar o desempenho agronômico, transformando recursos subutilizados em insumos valiosos para a agricultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que o uso de efluente da suinocultura, em diferentes lâminas e turnos de rega, exerce influência significativa sobre o desenvolvimento do sistema radicular da *Avena strigosa Schreb.*, destacando-se como uma alternativa viável e eficaz na promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

Os dados obtidos demonstraram que a aplicação da lâmina correspondente a 100% do efluente, especialmente sob regime de irrigação a cada dois dias, proporcionou **maior acúmulo de massa seca radicular**, refletindo não apenas a eficiência nutricional do efluente, mas também sua contribuição para a **estruturação e vitalidade do solo**. A resposta positiva das raízes frente à disponibilidade hídrica e nutricional revela o potencial desse manejo para fortalecer o sistema subterrâneo da planta, o que, por consequência, eleva sua capacidade de resiliência frente a estresses abióticos, como a escassez hídrica.

Esses resultados reforçam a importância de integrar o reuso de águas residuárias ao manejo de culturas forrageiras, não apenas como medida técnica de economia de recursos, mas como **estratégia regenerativa**, que alia eficiência agronômica à **valorização de resíduos orgânicos**. A fertirrigação com efluente suinícola, quando bem dimensionada e aplicada sob critérios técnicos, contribui de forma direta para a redução do uso de fertilizantes minerais e da captação de água potável, dialogando com os princípios da agroecologia e da agricultura circular.

Portanto, o uso controlado e tecnicamente fundamentado de efluente da suinocultura apresenta-se como uma solução promissora para sistemas produtivos que buscam equilíbrio entre **alta performance agrícola e responsabilidade socioambiental**. Fortalecer as raízes das plantas é também fortalecer os pilares de uma agricultura do futuro — mais eficiente, mais consciente e enraizada nos valores da preservação, do reaproveitamento e da vida em ciclo.

REFERÊNCIAS

BOSCO, F. M., costa, L. M., Salazar, R. F. S., & Maronezzi, C. A. (2016). Uso de água residuária da suinocultura na agricultura: uma alternativa para a sustentabilidade. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 10(3), 1027–1036. <https://doi.org/10.7127/rbai.v10n300412>

GONÇALVES, E. C. Efeito da fertirrigação com água residuária de suinocultura e piscicultura no desenvolvimento do milho (*Zea mays L.*). *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, [s.l.], v. 15, n. 3, p. 446–457, 2021.

HERRMANN, D. R.; SAMPAIO, S. C.; CASTALDELLI, A. P. A.; TSUTSUMI, C. Y.; PRIOR, M. Association of swine wastewater and mineral fertilization on black oat production. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 799–810, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p799-810/2016>.

KAMIMURA, K. M., Borges, L. C., Borges, B. M. M., & Monteiro, F. A. (2015). Reutilização de águas residuárias na agricultura: potencial e limitações. *Nucleus*, 12(2), 53–66. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1536>

MAZOCCHO, J. (2019). Manual prático da aveia-preta: aspectos agronômicos e uso forrageiro. Santa Maria: EdUFSM.

PACHECO, F. P.; NÓBREGA, L. H. P.; TONINI, M.; SPIASSI, A.; ROSA, D. M.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Physical attributes of soil after swine wastewater application as cover fertilizer on maize crop and black oats sequence. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 132–137, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p132-137>.

RIBEIRO, A. L., Oliveira, L. B., & Morais, R. F. (2016). Desempenho agronômico de gramíneas forrageiras de inverno em diferentes sistemas de manejo. *Revista Agropecuária Técnica*, 37(1), 45–52.

SANTOS, R. F., Oliveira, A. S., & Faria, A. B. (2020). Reuso de águas residuárias na agricultura: oportunidades e desafios. *Cadernos de Agroecologia*, 15(2), 1–10.

SORDI, A. (2019). Aveia-preta: cultivo e potencial forrageiro. EMBRAPA Clima Temperado, Circular Técnica 147.