

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA INOCULAÇÃO DE AZOSPIRILLUM CONSORCIADA COM ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO AZEVÉM

BOIJINK, Helena Zeppenfeld^{1*}

BRUM, Juliano

COSTA, Victor Thiago Dos Santos

COSTEIRA, Helena Melo¹

MACIEL, Stefania Mendes²

TAUCHERT, Andressa Bastos²

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da associação entre o azevém (*Lolium multiflorum*) e a inoculação com *Azospirillum brasilense* em sistemas de produção agrícola sustentáveis. O estudo experimental foi conduzido com quatro tratamentos principais, tratamento 1 testemunha, tratamento 2 ureia, tratamento 3 *Azospirillum* e tratamento 4 *azospirillum* com ureia, analisando-se parâmetros como crescimento vegetal, teor de nitrogênio, atributos do solo e impacto em cultura sucessora. Os resultados esperados incluíram aumento no crescimento do azevém, maior acúmulo de biomassa e nitrogênio e fertilidade do solo. A interação entre a planta de cobertura e o microrganismo promotor de crescimento representa uma estratégia eficiente para reduzir o uso de insumos químicos, melhorar a produtividade e promover práticas agrícolas ambientalmente responsáveis.

Palavras-chave: planta de cobertura; fixação biológica de nitrogênio; agricultura sustentável; *Azospirillum brasilense*; rotação de culturas.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effects of the association between ryegrass (*Lolium multiflorum*) and inoculation with *Azospirillum brasilense* in sustainable agricultural production systems. The experimental study was conducted with two main treatments (with and without inoculation), analyzing parameters such as plant growth, nitrogen content, soil attributes and impact on the successor crop. The expected results include increased ryegrass development, greater accumulation of biomass and nitrogen, as well as improvements in soil structure and fertility. The interaction between the cover crop and the growth-promoting microorganism represents an efficient strategy to reduce the use of chemical inputs, improve productivity and promote environmentally responsible agricultural practices.

Keywords: cover crop; biological nitrogen fixation; sustainable agriculture; *Azospirillum brasilense*; crop rotation.

1 INTRODUÇÃO

O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma gramínea de inverno amplamente empregada como planta de cobertura em sistemas agrícolas sustentáveis, especialmente no contexto do plantio direto e da rotação de culturas. Sua utilização tem se destacado devido à capacidade de proteger o solo contra processos erosivos, contribuir para a ciclagem de nutrientes, aumentar a matéria orgânica e suprimir o crescimento de plantas daninhas. No entanto, os benefícios agronômicos do azevém podem ser ainda mais potencializados quando associado a microrganismos benéficos, como as bactérias do gênero *Azospirillum*.

¹ Discentes do Curso de Agronomia, Nível III 2025/1 - Faculdade IDEAU - Bagé/RS

² Docentes do curso de Agronomia, Nível III 2025/1 - Faculdade IDEAU - Bagé/RS

O *Azospirillum* é um gênero de bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPB – Plant Growth-Promoting Bacteria) que atua por meio da fixação biológica de nitrogênio atmosférico e da síntese de fitormônios, como as auxinas, que estimulam o crescimento do sistema radicular das plantas. A inoculação do azevém com *Azospirillum brasilense*, espécie mais utilizada na agricultura, tem se mostrado eficaz na promoção do crescimento vegetal, no aumento da eficiência na absorção de nutrientes e na melhoria da estrutura física e biológica do solo.

Essa interação simbiótica entre planta e microrganismo representa uma estratégia viável para a intensificação sustentável da produção agrícola, ao reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos e melhorar a produtividade de culturas subsequentes. Além disso, contribui para a conservação ambiental e a resiliência dos agroecossistemas frente às mudanças climáticas. Nesse contexto, o consórcio entre azevém e *Azospirillum* desponta como uma prática inovadora e estratégica para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais eficientes, sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da associação entre o azevém (*Lolium multiflorum*) e a inoculação com *Azospirillum brasilense* sobre o desenvolvimento da planta, a qualidade do solo e verificar o impacto da inoculação com *Azospirillum brasilense* no crescimento e na biomassa do azevém

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho se deu por base nos artigos e livros citados e explicados no referencial teórico, resultado nos métodos que foram aplicados e que acabaram por ter os resultados esperados.

2.1 Referencial Teórico

2.1.1 Plantas de cobertura e a importância do azevém

Plantas de cobertura são utilizadas com o objetivo de proteger o solo, conservar a umidade, aumentar a matéria orgânica e melhorar a fertilidade, principalmente em sistemas de plantio direto. O azevém (*Lolium multiflorum*) destaca-se entre as espécies mais utilizadas devido ao seu crescimento vigoroso, rápida cobertura do solo e elevada capacidade de produção de biomassa. Além disso, essa gramínea contribui para a ciclagem de nutrientes,

especialmente o nitrogênio, e para o controle biológico de plantas daninhas, reduzindo o uso de herbicidas (FERREIRA et al., 2019).

O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma gramínea anual ou bienal, originária da Europa, que é amplamente cultivada em regiões temperadas e subtropicais. É uma forrageira de alto valor nutricional, rica em proteínas, fibras e minerais, tornando-a uma excelente opção para a alimentação de ruminantes, como vacas, ovelhas e cabras (HOPKINS, 2000).

O azevém é uma planta de crescimento rápido, com alta capacidade de produção de biomassa sendo assim, uma excelente opção para a rotação de culturas, pois ajuda a melhorar a fertilidade do solo e reduzir a erosão. Além disso, o azevém é rico em nutrientes essenciais para a alimentação de ruminantes, incluindo proteínas, fibras, cálcio e fósforo. Sendo assim, uma excelente opção para a produção de silagem e feno (SANTOS et al., 2017).

2.2.1 Diferença entre ciclo longo e ciclo curto do azevém

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), uma das principais forrageiras de inverno no Brasil, especialmente na região Sul, é cultivado tanto em sistemas de produção de leite como de carne. Ele pode ser classificado em cultivares de ciclo curto e ciclo longo, de acordo com sua resposta fotoperiódica, precocidade de florescimento e tempo de permanência produtiva no campo.

2.2.1.1 Ciclo curto do azevém

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma gramínea forrageira amplamente utilizada em sistemas de produção animal nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, devido à sua elevada produção de forragem durante o outono e inverno, bem como à sua boa palatabilidade e valor nutritivo. Dentre os tipos disponíveis, destaca-se o azevém de ciclo curto, que apresenta características específicas em relação ao seu desenvolvimento e uso (MORAES, 2014).

O azevém de ciclo curto é caracterizado por seu florescimento precoce, o que significa que ele entra em fase reprodutiva em um menor intervalo de tempo após a semeadura, geralmente entre 90 e 120 dias. Esse comportamento faz com que seu ciclo vegetativo seja mais curto, resultando em menor persistência da pastagem no campo quando comparado às cultivares de ciclo longo (MORAES, 2014).

Essas cultivares de ciclo curto são ideais para sistemas que demandam rotação rápida de culturas ou onde há necessidade de antecipar o preparo do solo para culturas de verão, como o milho ou a soja. Além disso, são indicadas para regiões com invernos mais curtos, onde o tempo disponível para produção de forragem de inverno é limitado (FONTANELI, 2009).

Do ponto de vista produtivo, o azevém de ciclo curto concentra a maior parte de sua produção de massa seca nos primeiros meses após a emergência, permitindo 2 a 3 cortes ou pastejos bem distribuídos nesse período. Para que a produtividade seja aproveitada ao máximo, é necessário um manejo mais intensivo e eficiente, com atenção ao ponto de corte e ao intervalo entre pastejo (FONTANELI, 2009).

2.2.1.2 Ciclo longo do azevém

As cultivares de azevém de ciclo longo apresentam florescimento tardio, o que significa que permanecem por mais tempo em fase vegetativa antes de entrarem na fase reprodutiva. Essa característica permite que a planta produza forragem por um período mais extenso, geralmente entre 150 e 180 dias, o que representa uma maior janela de aproveitamento para pastejo ou corte em comparação com as cultivares de ciclo curto (MORAES, 2014).

O ciclo longo tem melhor resposta à adubação nitrogenada, o que amplia o potencial produtivo da planta quando manejada adequadamente. No entanto, o sucesso da exploração do azevém de ciclo longo depende de práticas como o escalonamento de cortes, controle do florescimento e planejamento da rotação com culturas subsequentes. (FONTANELI 2009)

Essas cultivares também são mais adaptadas a regiões com invernos mais longos e frios, onde há maior tempo disponível para a produção de pastagem de inverno. Por sua maior persistência no campo, o azevém de ciclo longo é frequentemente utilizado em sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), bem como em áreas onde a pastagem será mantida até o início da primavera (FONTANELI, 2009).

2.2.2 Azospirillum

O *Azospirillum brasilense* é uma bactéria fixadora de nitrogênio de vida livre, que coloniza a rizosfera e o interior das raízes de plantas, especialmente gramíneas. Sua atuação se dá por múltiplos mecanismos, destacando-se a fixação biológica de nitrogênio (FBN), a produção de fitormônios como o ácido indolacético (AIA), e a promoção do crescimento radicular, o que aumenta a absorção de água e nutrientes pelas plantas (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

Essa bactéria sintetiza reguladores de crescimento como auxinas (principalmente AIA - ácido indolacético), citocininas e giberelinas, que estimulam a formação de raízes laterais e pêlos radiculares, aumentando a eficiência da absorção de água e nutrientes. Diferente de rizóbios que formam nódulos em leguminosas, o *Azospirillum* se associa de forma não simbiótica, colonizando a rizosfera ou mesmo o interior das raízes (endofiticamente), sem causar danos à planta (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

A utilização de *Azospirillum* em agricultura pode ser uma alternativa sustentável para a redução do uso de fertilizantes químicos. Além disso, o *Azospirillum* pode ajudar as plantas a lidar com estresses ambientais, como seca e salinidade. (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

2.2.3 Interação entre azevém e *Azospirillum*

Estudos demonstram que a inoculação de *Azospirillum brasilense* em culturas como o azevém promove benefícios agrônômicos significativos, como maior desenvolvimento radicular, aumento na produção de biomassa, melhoria na absorção de nutrientes e maior contribuição para culturas sucessoras, como a soja e o milho (SILVA et al., 2021). Essa prática reduz custos com fertilizantes nitrogenados e se alinha aos princípios da agricultura regenerativa, promovendo a saúde do solo e o equilíbrio ecológico.

Sua principal característica agrônômica é a capacidade de promover o crescimento vegetal por meio de diferentes mecanismos, como a fixação biológica de nitrogênio (FBN), a produção de fitormônios (principalmente ácido indolacético – AIA), e a estimulação do crescimento radicular. Esses efeitos resultam em maior absorção de água e nutrientes, além de maior vigor vegetativo da planta (FONTANELI, 2009).

Além do efeito sobre a produção, *A. brasilense* também influencia positivamente na arquitetura do sistema radicular, favorecendo o perfilhamento e a persistência da pastagem. Ferreira et al. (2020) observaram aumento no número de perfilho e maior teor de clorofila nas

folhas de azevém inoculado, o que reflete em maior eficiência fotossintética e melhor qualidade nutricional da forragem (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

A associação entre *Azospirillum* e azevém é especialmente promissora em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e em práticas de agricultura de baixo carbono, pois contribui para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados, diminui a emissão de gases de efeito estufa e melhora a saúde do solo por meio do estímulo à microbiota benéfica (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

2.2.4 Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico

O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico é um dos solos predominantes em áreas tropicais e subtropicais do Brasil, caracterizado por sua baixa fertilidade natural, alta acidez e presença de um horizonte subsuperficial com acúmulo de argila, denominado horizonte Bt. A coloração vermelho-amarelada está associada à presença de óxidos de ferro, como hematita e goethita, comuns em ambientes altamente intemperizados (EMBRAPA, 2021).

Do ponto de vista morfológico, esse solo pode apresentar horizontes A, E e Bt, com forte diferenciação textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais. Segundo Curcio et al. (2022), "o horizonte Bt dos Argissolos caracteriza-se pelo acúmulo iluvial de argila, proveniente da lixiviação da camada superficial", o que resulta em limitações para o desenvolvimento radicular e drenagem interna. A fertilidade natural dos Argissolos Distróficos é muito baixa, com baixos teores de bases trocáveis e elevada saturação por alumínio. Isso exige a adoção de práticas de manejo corretivas, como a calagem e adubações frequentes, para permitir uma produção agrícola sustentável (GONÇALVES DOS SANTOS et al., 2021).

Além disso, a textura argilosa, quando aliada a declives acentuados, favorece a susceptibilidade à erosão hídrica, tornando indispensável a adoção de práticas conservacionistas, como o plantio em nível, terraceamento e cobertura vegetal permanente.

2.2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente à Faculdade IDEAU - Campus Rural, localizado no município de Bagé-RS, sob condições de clima mesotérmico, tipo subtropical e solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. A condução ocorreu durante o período de outono-inverno, característico para o cultivo do

azevém na região. As sementes foram plantadas do dia 24 de abril de 2025, com aproximadamente 1 mês de experimentação plantada.

Os materiais utilizados para o experimento foram: Régua para medição do tamanho das raízes e plantas, balança de precisão para determinar o peso da matéria verde e matéria seca, bandeja para diferir planta do solo, estufa de secagem para obter o resultado da amostra de matéria seca. Além dos materiais descritos estão aqueles indispensáveis para plantio, a semente da cultivar escolhida (Azevém - Ciclo longo), Inoculante biológico *Azospirillum* e a adubação de ureia perolada (Figura 1).

Figura 1. Área do cultivo de azevém



Fonte: Autores, 2025

O delineamento experimental foi composto por 4 tratamentos (Figura 2), em 20 repetições, onde o tratamento 1 foi a testemunha (azevém sem inoculante *Azospirillum*); Tratamento 2 foi azevém sem inoculação com adubação nitrogenada; O tratamento 3 foi azevém inoculado com *Azospirillum*; E o tratamento 4 foi azevém inoculado com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada.

Figura 2. Placas com amostras dos tratamentos



Fonte: Autores, 2025

Durante o estabelecimento inicial da cultura, foram avaliados, altura de plantas e sistema radicular, produção de biomassa seca, biomassa verde e atributos químicos do solo

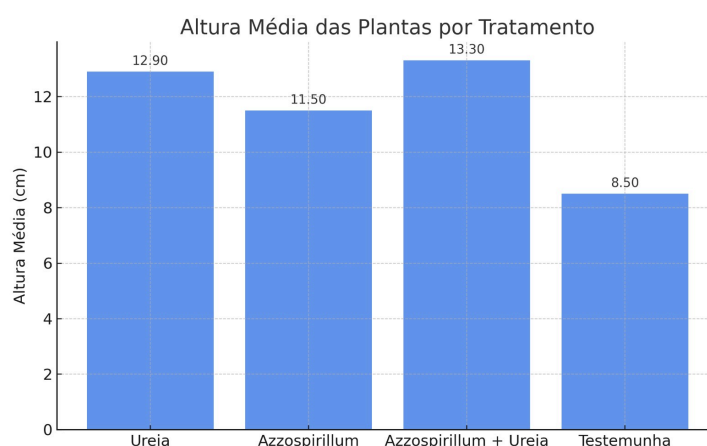
(como matéria orgânica, pH e teores de N,P,K). Para a realização da avaliação de biomassa seca e biomassa verde, foi retirado 20 plantas de cada tratamento e logo após foram pesadas (massa verde em gramas) e secas em estufas de ventilação forçada a 65°C por 48 horas, e posteriormente pesadas novamente para obtenção de massa seca em gramas. Neste estudo, a gramatura da amostra refere-se ao volume do material vegetal coletado

2.3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise de médias e apresentados graficamente, a fim de facilitar a visualização das respostas das plantas aos diferentes tratamentos testados: Testemunha (T1), Uréia (T2), Azospirillum (T3) e Azospirillum + Uréia (T4).

Na análise da altura média das plantas (Figura 3), observaram-se os seguintes valores: T1 – 8,5 cm, T2 – 12,9 cm, T3 – 11,5 cm e T4 – 13,3 cm. O tratamento T4, que combina a inoculação com *Azospirillum brasilense* e a adubação com uréia, apresentou o maior valor, sugerindo um efeito sinérgico entre a adubação nitrogenada e a ação do microrganismo promotor de crescimento. Esse resultado está em conformidade com estudos que apontam o potencial de *Azospirillum* em promover o crescimento vegetal por meio da fixação biológica de nitrogênio e da produção de fitormônios. A testemunha (T1), sem nenhum tipo de insumo, apresentou o menor crescimento em altura, reforçando a importância do fornecimento de nitrogênio, seja via adubação química ou biológica.

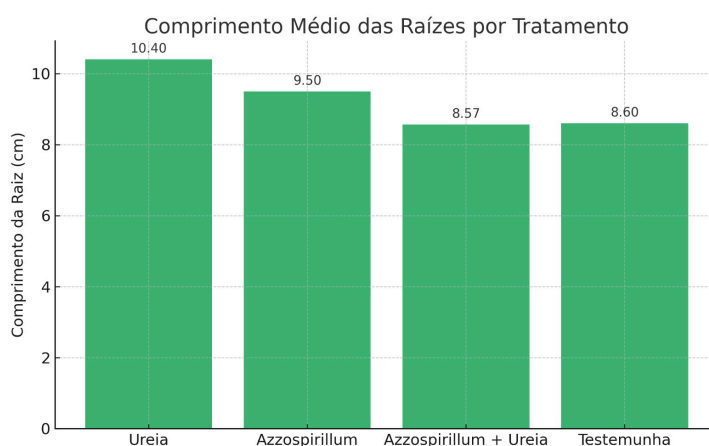
Figura 3. Altura média das plantas de azevém



Fonte: Autores, 2025

Quanto ao comprimento médio das raízes (Figura 4), os resultados foram: T1 – 8,6 cm, T2 – 10,4 cm, T3 – 9,5 cm e T4 – 8,57 cm. O maior valor foi registrado no tratamento com ureia isolada (T2), o que pode estar associado à disponibilidade imediata de nitrogênio para a planta, favorecendo o crescimento do sistema radicular. Curiosamente, o tratamento com *Azospirillum* associado à uréia (T4), apesar de apresentar a maior altura de planta, não refletiu em maior comprimento de raízes, indicando que o crescimento pode ter sido direcionado prioritariamente ao crescimento aéreo. Esses dados destacam a importância de avaliar não apenas o crescimento vegetativo, mas também o sistema radicular, especialmente em cultivos voltados para sustentabilidade e resiliência ao estresse hídrico.

Figura 4. Comprimento médio das raízes de azevém.

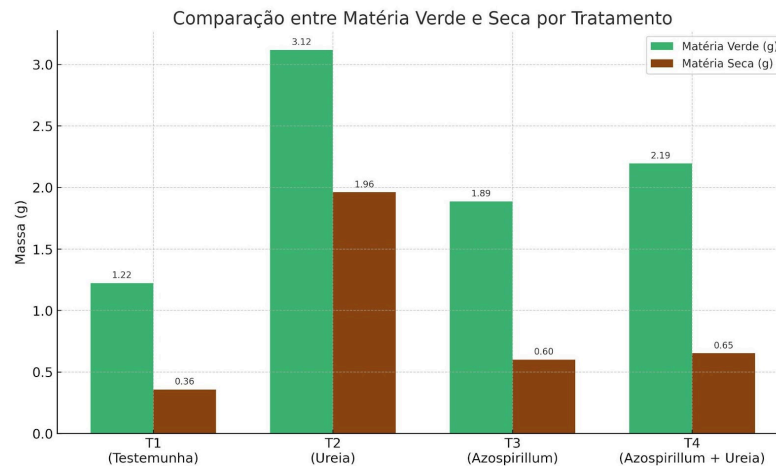


Fonte: Autores, 2025

Na análise de produção de matéria seca, os valores médios obtidos foram: T1 – 0,358 g, T2 – 1,96 g, T3 – 0,600 g e T4 – 0,651 g. O tratamento com ureia isolada (T2) destacou-se significativamente, com quase o triplo de produção em relação ao segundo melhor tratamento (T4). Esse resultado reforça a eficácia da ureia como fonte de nitrogênio prontamente assimilável para as plantas. Os tratamentos com *Azospirillum*, tanto isolado (T3) quanto associado à ureia (T4), apresentaram resultados intermediários, o que indica um potencial promissor para o uso do inoculante, principalmente em sistemas de manejo sustentável. A testemunha novamente apresentou o menor valor, evidenciando o papel fundamental da nutrição nitrogenada no acúmulo de biomassa (Figura 5).

De forma geral, os resultados indicam que a ureia continua sendo altamente eficaz no fornecimento de nitrogênio para o crescimento e produção de biomassa em *Lolium multiflorum*.

Figura 5. Comparação entre matéria verde e matéria seca



Fonte: Autores, 2025

No entanto, a inoculação com *Azospirillum brasilense* demonstrou potencial para complementar juntamente com a adubação nitrogenada, sobretudo quando se consideram estratégias de manejo sustentável e redução de custos com insumos químicos. Ensaios complementares, com diferentes doses, períodos de avaliação mais longos e avaliação de parâmetros fisiológicos, podem aprofundar a compreensão sobre a interação entre esses tratamentos e trazer materiais mais estratégicos e específicos com determinados tipos de tratamentos.

Os dados obtidos evidenciaram que a inoculação com *Azospirillum brasilense*, especialmente quando associada à ureia, contribuiu positivamente para a altura média das plantas. No entanto, o maior acúmulo de biomassa foi observado no tratamento com ureia isolada, destacando a eficácia desse insumo. Ainda assim, os tratamentos com o inoculante apresentaram resultados superiores à testemunha, indicando que o uso de microrganismos pode ser uma estratégia complementar eficaz, especialmente em sistemas de manejo sustentável.

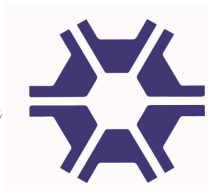
A tecnologia do uso de *Azospirillum* se mostra promissora por ser de baixo custo, contribuir para a redução de fertilizantes nitrogenados e favorecer práticas conservacionistas. Portanto, seu uso representa uma ferramenta estratégica para elevar a eficiência produtiva com menor impacto ambiental, promovendo uma agricultura mais resiliente e alinhada aos princípios da sustentabilidade e da intensificação ecológica.

3 CONCLUSÃO

Conclui-se que a associação entre o azevém (*Lolium multiflorum*) e a bactéria promotora de crescimento *Azospirillum brasilense* representa uma alternativa viável e promissora para melhores benefícios no crescimento do azevém, planta de cobertura, refletindo na promoção de um agroecossistema mais equilibrado, assim como a adubação nitrogenada

REFERÊNCIAS

- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology, v. 43, n. 2, p. 103-121, 1997.
- BERTOL, O. J. et al. Produção e qualidade de forragem de azevém anual em diferentes épocas de semeadura. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 44, n. 4, p. 121-128, 2015.
- Cassán, F. et al. (2009). Hormonal signals in plant-microbe interactions. *Microbial Biotechnology*, 2(2), 208–21
- HOPKINS, A. A. Grass: its production and utilization. Blackwell Science, 2000.
- SANTOS, F. A. P. et al. Azevém anual: uma opção forrageira para a alimentação de ruminantes. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 46, n. 5, p. 431-438, 2017.
- FONTANELI, R. S. et al. (2009). Plantas forrageiras e produção animal. Embrapa Trigo.
- MORAES, A. de et al. (2014). Azevém: utilização, manejo e cultivares. Circular Técnica 134, Embrapa Gado de Leite.
- FERREIRA, L. C.; TAVARES, L. G. R.; VIDOR, J. E. S.; SAMPAIO, R.; BORTOLINI, F.; MITTELMANN, A. Rendimento de matéria seca e folhas de genótipos de *Lolium multiflorum*. In: SEMANA INTEGRADA UFPEL, 8.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 31., 2022, Pelotas. Anais... Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2022.



EMBRAPA. Argissolos Vermelho-Amarelos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos, 2021. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos/argissolos-vermelho-amarelos/>. Acesso em: 15 maio 2025.

GONÇALVES DOS SANTOS, H. et al. Argissolos Vermelho-Amarelos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/argissolos-vermelho-amarelos/>. Acesso em: 15 maio 2025.

SILVA, M. S. L.; OLIVEIRA NETO, M. B. Argissolos Vermelho-Amarelos. Embrapa Solos, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/argissolos-vermelho-amarelos/>. Acesso em: 15 maio 2025.