

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

Paula Lara Bovolenta Madoglio

**RESIDUAL DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA NO SOLO E SUA
CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DA SOJA E CAPIM
PAIAGUÁS EM ÁREA INOCULADA OU NÃO COM *Azospirillum*
*brasilense***

Ilha Solteira - SP

2024

PAULA LARA BOVOLENTA MADOGGIO

**RESIDUAL DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA NO SOLO E SUA
CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DA SOJA E CAPIM
PAIAGUÁS EM ÁREA INOCULADA OU NÃO COM *Azospirillum*
*brasilense***

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – UNESP
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Drº. Marcelo Andreotti

Ilha Solteira - SP
2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M183r Madoglio, Paula Lara Bovolenta.
Residual de doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da soja e capim paiguás em área inoculada ou não com *Azospirillum brasilense* / Paula Lara Bovolenta Madoglio. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024

44 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2024

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Inoculação. 2. Gessagem. 3. Soja. 4. Bactérias diazotróficas. 5. Produtividade de grãos.


Amanda Sertori dos Santos

Bibliotecária - CRB/8-9081
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ZOOTECNIA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Residual de doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da soja em área inoculada ou não com *Azospirillum brasilense*

ALUNO: *Paula Lara Bovolenta Madoglio* RA: 201050501

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)

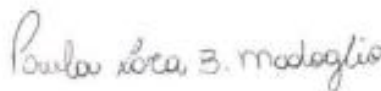


Dra. Viviane Cristina Modesto

gov.br

Documento assinado digitalmente
NAIANE ANTUNES ALVES RIBEIRO
Data: 26/06/2024 16:14:49-0300
verifique em <https://validar.br.gov.br>

MSc. Naiane Antunes Alves Ribeiro



Paula Lara Bovolenta Madoglio

Ilha Solteira, 26 de junho de 2024.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por iluminar e abençoar meu caminho, me concedendo saúde, coragem, sabedoria e discernimento para que eu nunca desistisse dos meus sonhos, devo tudo que sou a Ele.

Agradeço à minha família por todo apoio, suporte e incentivo que deram durante minha trajetória na faculdade, eles são minha fonte de força e inspiração, sem eles nada disso seria possível.

Agradeço aos meus amigos e companheiros de turma por fazerem esses anos mais leve e felizes.

Agradeço ao meu orientador e professor Marcelo Andreotti, pela oportunidade de fazer parte da equipe Andreotti, por confiar no meu potencial, e por todo ensinamento e orientação durante a realização da pesquisa.

Agradeço aos meus colegas do grupo de pesquisa Andreotti, por toda ajuda durante a condução e avaliação da pesquisa.

Agradeço à UNESP-FEIS “Universidade Estadual Paulista do Campus de Ilha Solteira” por todo o suporte, estrutura e oportunidades que agrageram para o meu crescimento pessoal e profissional, me tornando assim uma profissional responsável e competente.

RESUMO

A aplicação de gesso agrícola tem se tornado cada vez mais comum nos sistemas de produção agrícola, pois contribui para a melhoria da fertilidade do solo nas camadas mais superficiais a curto prazo, e posteriormente nas camadas mais profundas. Outra técnica que vem ganhando espaço nos sistemas agrícolas é o uso de bactérias promotoras de crescimento, como o *Azospirillum brasilense*, que tem como finalidade aumentar o crescimento radicular, a produtividade das plantas que foram inoculadas e reduzir custos de produção. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito residual da aplicação de doses de gesso, de acordo com o método de Caires e Guimarães (2016), em áreas com as gramíneas inoculadas ou não com *A. brasiliense*, sobre os componentes da produção e produtividade de matéria seca ou grãos das culturas em rotação. O experimento foi conduzido em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico do Cerrado, no município de Selvíria-MS, em área sob sistema plantio direto há onze anos, em delineamento experimental de blocos casualizados com esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses de gesso (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 vezes 5,7 toneladas por hectare que é a dose recomendada) aplicadas em novembro de 2017 e a inoculação ou não das gramíneas da rotação por *A. brasiliense*. Foram avaliadas a produção de matéria seca do capim Paiaguás antecessor, e a nodulação, componentes da produção e produtividade de grãos da soja em sucessão. A produção de matéria seca do capim Paiaguás antecessor a soja é maior quando há inoculação por *A. brasiliense*, associada ao residual após 60 meses da aplicação da dose padrão ou 1,5 vezes a dose recomendada pela fórmula do método de Caires e Guimarães. Para o cultivo da soja, a inoculação das gramíneas antecessoras por *A. brasiliense* proporcionou aumento de 16 sacas em relação às áreas não inoculadas, entretanto, sem efeito da gessagem.

Palavras-chave: Inoculação; Gessagem; Soja; Bactérias diazotróficas; Produtividade de grãos.

ABSTRACT

The application of agricultural gypsum has become increasingly common in agricultural production systems, as it contributes to improving soil fertility in the most superficial layers in the short term, and later in the deeper layers. Another technique that has been gaining ground in agricultural systems is the use of growth-promoting bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, which aims to increase root growth, the productivity of the plants that were inoculated and reduce production costs. Therefore, the objective of this study was to evaluate the residual effect of applying doses of gypsum, according to the method of Caires and Guimarães (2016), in areas with grasses inoculated or not with *A. brasiliense*, on the production components and dry matter or grain productivity of crops in rotation. The experiment was conducted in a Dystrophic RED Oxisol of the Cerrado, in the municipality of Selvíria-MS, in an area under direct planting system for eleven years, in an experimental design of randomized blocks with a 5x2 factorial scheme, with five doses of gypsum (0; 2, 9; 5.7; 8.5 and 11.4 tons per hectare) applied in November 2017 and whether or not the grasses in the rotation were inoculated with *A. brasiliense*. The dry matter production of the predecessor Paiaguás grass, and nodulation, components of the production and productivity of soybean grains in succession, were evaluated. The dry matter production of Paiaguás grass, predecessor to soybeans, is greater when there is inoculation with *A. brasiliense*, associated with the residual after 60 months of application of the dose 5.7 tons per hectare or 8.5 tons per hectare, recommended by the method formula of Caires and Guimarães. For soybean cultivation, the inoculation of the predecessor grasses by *A. brasiliense* provided an increase of 16 bags in relation to non-inoculated areas, however, without the effect of plastering.

Keywords: Inoculation; Plastering; Soy; Diazotrophic bacteria; Grain productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Temperaturas médias, umidade relativa média e precipitação durante a condução do experimento na safra 2022/2023	25
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Recomendação de gesso agrícola (15% de S) em função da classificação textural do solo para culturas anuais e perenes	20
Tabela 2 - Médias da produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) do capim <i>Urochloa brizantha</i> - BRS Paiaguás, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria, MS.....	28
Tabela 3 - Desdobramento das interações Doses de gesso x inoculação, para produção de matéria seca (MS) da <i>Urochloa brizantha</i> - BRS Paiaguás. Selvíria - MS.....	29
Tabela 4 - Médias de números de nódulos por planta (NOD), massa fresca de nódulos por planta (MFN) e massa seca de nódulos por planta (MSN), durante o cultivo de soja, safra 2022/2023, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> . Selvíria, MS.....	33
Tabela 5 - Médias dos valores de altura de planta (ALT (cm)), altura de inserção de primeira vagem (ALTPV (cm)), número de grãos por planta (NGP), de vagens por planta (NVP), população de plantas (POP (plantas por hectare)), produtividade de grãos (PG (kg ha ⁻¹)) e massa de 100 grãos (M100 (g)) de soja, safra 2022/2023, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> . Selvíria, MS.....	35
Tabela 6 - Desdobramento das interações - Doses de gesso x inoculação, para população de plantas (POP) de soja, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com <i>A. brasilense</i> . Selvíria, MS.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Importância do gesso agrícola nos solos do Cerrado.....	14
2.2 Aplicação de gesso no Sistema Plantio Direto	16
2.3 Critérios para recomendação de gesso	19
2.4 <i>Azospirillum</i> no crescimento ou desenvolvimento radicular	22
2.5 Importância da soja.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5. CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

Tanto no Sistema Plantio Direto (SPD), como na Integração Lavoura-Pecuária (ILP), o gesso agrícola vem se destacando e mostrando-se eficiente quando aplicado ao solo. Seu uso traz diversos benefícios às plantações, principalmente quando se observa as raízes, as quais passam a explorar melhor o perfil do solo, se aprofundando e aumentando a eficiência de absorção de água e nutrientes. Entretanto, as áreas cultiváveis do Cerrado possuem baixa fertilidade, elevada capacidade de adsorção de fósforo e acidez. Assim, o gesso agrícola tem sido empregado como forma de melhorar quimicamente o solo, pois age como condicionador após calagem, além de ter capacidade de reduzir a toxicidade por Íon alumínio (Al^{3+}) e por ser fonte de cálcio (Ca) e enxofre (S), nutrientes de grande efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas (Chatzistathis et al., 2015).

Segundo a Conab (2023), a cultura da soja no Brasil, na safra 2021/2022 teve uma produção de aproximadamente 124 milhões de toneladas, em uma área de pouco mais de 74,0 milhões de hectare sendo este valor 10,2% inferior ao da safra 2020/2021. No entanto, ainda continua em grande expansão, mantendo a tendência de crescimento para a safra 2022/2023. Os levantamentos apontam um crescimento em torno de 15,0% em relação à safra passada, tendo uma estimativa de produção de aproximadamente 312,5 milhões de toneladas e com uma área maior, alavancando para cerca de 77 milhões de hectares, o que corresponde a um crescimento de 3,3% (Conab, 2023).

Aliado às técnicas de manejo e ao uso de gessagem e fertilizantes, há também recursos biológicos que podem ser utilizados para estimular o crescimento radicular das plantas, além de auxiliar na fixação biológica do nitrogênio e na potencialização da nodulação em leguminosas (Piccnin, 2016). Esses recursos são as inoculações de espécies de bactérias nas culturas, como o *Azospirillum brasilense*, comumente empregadas em sementes de gramíneas, e as do gênero *Bradyrhizobium*, produtoras de nódulos (Reis, 2007), aumentando o volume radicular das culturas, incrementando a quantidade de solo explorado e consequentemente aumentando absorção de água e nutrientes. Essa técnica, por se tratar de um recurso biológico,

possibilita o aumento da produção sem que haja danos ao meio ambiente, diminuindo também os custos existentes com os fertilizantes minerais (Dalolio et al., 2018).

Sabendo-se que o uso intensivo de áreas agrícolas para a produção agropecuária, associado a manejos inadequados do solo, tem causado a degradação estrutural e afetando o desenvolvimento e potencial produtivo das plantas, os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) associado ao SPD surgem como alternativas para promover a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema, racionalizando os insumos empregados na lavoura (Mendonça et al., 2015).

Por esse motivo, em sistemas agropecuários nos solos do Cerrado, há dificuldade de determinar qual a melhor recomendação da dose de gesso com maior correlação com a produtividade agrícola no tempo, dessa forma trabalhos de longa duração permitem avaliar a movimentação do gesso no perfil do solo ao longo do tempo, para que o aprofundamento das raízes nas camadas subsuperficiais aumentem a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas em sistemas de rotação de culturas. Em vista disso, devido à escassez de trabalhos na literatura sobre o uso da inoculação com bactérias diazotróficas como a *Azospirillum* em SIPAs e sobre a dose ideal de recomendação de gessagem no Cerrado, torna-se relevante pesquisas nesta linha.

Assim, o trabalho de pesquisa objetivou em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, no Cerrado, avaliar o efeito residual da aplicação de doses de gesso agrícola ao solo em 2017, baseada na metodologia de Caires e Guimarães (2016) que se baseia na capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, sobre a avaliação da produção de capim Paiaguás e produtividade da soja, cultivada em áreas com ou sem as sementes das gramíneas antecessoras inoculadas com *Azospirillum brasilense*, na safra 2022/23.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do gesso agrícola nos solos do Cerrado

O alumínio (Al) ocorre em diferentes formas no solo, e de acordo com Caires (2003), o Al^{3+} é comprovadamente tóxico para determinadas espécies agrícolas. Vários trabalhos têm demonstrado que a inibição do crescimento da raiz é o sintoma mais visível da toxicidade por Al^{3+} em plantas, podendo conduzir à deficiência mineral e ao estresse hídrico (Pereira, 2021).

A acidez do solo, caracterizada pelo baixo pH do solo, pode afetar significativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade de diversas culturas. Estima-se que cerca de 50% dos solos agrícolas do mundo são ácidos (baixo pH do solo) e os resultados desta característica são a toxidez por Al^{3+} , baixa disponibilidade de nutrientes e baixa qualidade física e biológica do solo (Prochnow; Caires; Rodrigues, 2016).

Em solos de Cerrado é notável a alta intemperização, por conta do clima característico deste bioma. Sendo suas principais características o clima tropical sazonal com duas estações bem definidas, uma chuvosa compreendida entre os meses de outubro e abril, e outra seca, entre maio e setembro.

O fósforo na solução do solo ocorre nas formas iônicas H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} e suas concentrações variam conforme o pH do solo, destacando o H_2PO_4^- nas regiões ácidas, caracterizadas pelo alto intemperismo (Sasabuchi et al., 2023). Cerca de 70% da área agricultável do Cerrado, apresenta na subsuperfície (camada abaixo de 0,20 m) saturação por alumínio (m%) acima de 10%, valor este considerado prejudicial para o crescimento radicular das plantas. Além do alumínio (Al^{3+}), cerca de 86% destas áreas apresentam teores de Ca inferiores a $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na subsuperfície, prejudicando o desenvolvimento das raízes, o que compromete a absorção de água e nutrientes (Sousa et al., 2004).

O gesso agrícola apresenta cerca de 20% de cálcio, 15% de enxofre, também 0,7% de P_2O_5 e 0,6% de flúor (Vitti, 2008). O ânion sulfato promove a percolação de alguns elementos para as camadas mais inferiores do solo, exemplo do Potássio (K) e Magnésio (Mg). Em função disso são necessários

cuidados com a quantidade aplicada (Caires et al., 2003), com o intuito de evitar perda de eficiência na absorção desses elementos pelas plantas em função de uma possível lixiviação para zonas de difícil absorção pelas raízes das plantas (Quani, 2021).

Entre as formas que garantem maior captação de água pelas plantas estão aquelas que auxiliam no melhor desenvolvimento das raízes, tanto em quantidade como em profundidade. Nas camadas superficiais, a neutralização do alumínio no solo, um dos fatores que limitam o desenvolvimento das raízes, comumente é realizado pela incorporação de calcário. Entretanto, uma limitação do uso de calcário é a maneira como esse produto se movimenta no solo, dificultando a neutralização do alumínio presente em camadas mais profundas do solo (Sousa et al., 2004).

Assim, outra alternativa para neutralização do alumínio é a aplicação de gesso agrícola, que é um subproduto da produção de fertilizantes fosfatados, com composição predominantemente de 19% de Ca e 15% de S-SO₄, e atua como condicionador de solo por conter em sua fórmula Ca e S. Esses nutrientes quando presentes em camadas mais profundas possibilitam o maior desenvolvimento de raízes (Sumner et al., 1986; Carvalho e Rai, 1997). Logo a aplicação de gesso pode, de forma indireta, contribuir na resistência da planta ao déficit hídrico além de fornecer nutrientes importantes para o desenvolvimento das culturas (Santos et al., 2020).

A aplicação de gesso agrícola na superfície do solo é feita com a finalidade de melhorar as condições químicas no subsolo, fazendo o que o calcário não é capaz de fazer com rapidez e eficiência, ou seja, colocar cálcio nas camadas mais profundas do solo. Isso favorece o crescimento radicular, resultando em exploração de maior volume de solo pelas raízes, deixando as plantas com maior capacidade de aproveitar os nutrientes provenientes do solo e dos fertilizantes, principalmente o nitrogênio (N) na forma de nitrato (NO₃⁻) (Pereira, 2021).

Tanto em SPD, como na ILP, o uso do gesso tem mostrado resultados favoráveis, dando condições para maior exploração das raízes no perfil do solo e, conseqüentemente, maior ciclagem dos nutrientes, melhorando a eficiência de uso, pelos cultivos sucessivos (De Moraes, 2016).

Desse modo, o gesso não neutraliza os íons H⁺ da solução, não alterando

o pH do solo como o calcário, mas tem como principais vantagens a capacidade de reduzir a toxicidade por Al^{3+} que está associada a acidez do solo, onde em pH abaixo de 5,0 o alumínio se encontra na forma de Al^{3+} solúvel, que é tóxico às raízes das plantas, tendo como consequências, a redução do alongamento, engrossamento e pouca ramificação radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (Caires e Guimarães, 2016).

2.2 Aplicação de gesso no Sistema Plantio Direto

Para alcançar altas produtividades, é preciso atentar-se para as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, não só na sua superfície, mas também nas camadas subsuperficiais, principalmente nos períodos de estiagem, que são comuns nas regiões do Cerrado. A forma de manejo do solo escolhida pelo produtor, Sistema de Plantio Direto ou convencional, é decisiva para o sucesso da lavoura e para o lucro do produtor (Cristovam, 2021).

O uso do gesso na agricultura vem crescendo nos últimos anos, principalmente após a consolidação do Sistema Plantio Direto. Nesse sistema, dependendo das condições, por vezes o efeito do calcário que possui baixa solubilidade se restringe às camadas superficiais do solo, fazendo com que o subsolo permaneça ácido, com altas concentrações de alumínio, que por ser tóxico restringe o crescimento radicular (Doneux, 2021).

O Sistema Plantio Direto é uma técnica criada com o intuito de ser um método alternativo de preparo reduzido do solo, diminuindo os efeitos negativos da agricultura no solo. A palhada deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que sua qualidade seja melhorada (Sachetti, 2021).

Com a implantação do Sistema Plantio Direto (SPD) no país, o revolvimento do solo passou a ser exclusivo na linha de semeadura, diferente do sistema convencional. Sendo assim, a correção total e de qualidade dos perfis mais profundos do solo, principalmente do Al^{3+} tóxico, passou a ser um desafio, considerando a baixa solubilidade do calcário e sua aplicação em

superfície sem incorporação. Em muitos casos os agricultores simplesmente pararam de revolver o solo (aração e gradagem), mas não fizeram as necessárias correções dos perfis, tanto em termos nutricionais, quanto em problemas de compactação do solo (pé-de-arado), resultando num sistema falho e que tem limitado efeito sobre o crescimento radicular das plantas (Quani, 2021).

O calcário neutraliza o alumínio tóxico, aumenta o pH, além de proporcionar adição de magnésio e cálcio para o solo, acarretando em condições favoráveis para o crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, maior facilidade para as plantas absorverem água e nutrientes. Entretanto, no plantio direto esse produto é aplicado sobre a superfície, sem incorporação (Caires et al., 2003), promovendo efeitos apenas superficiais (Pauletti et al., 2014).

As principais limitações químicas para o crescimento radicular são a toxidez por Al e a deficiência de Ca, que são bastante perceptíveis pelo estresse hídrico ou pelo estresse nutricional (Costa et al., 2015). No sistema convencional, esse problema era resolvido por meio do revolvimento do solo após a calagem. Porém, essa técnica não se torna viável para áreas com o plantio direto consolidado (Caires et al., 2003), fazendo com que a aplicação de gesso seja uma alternativa para aumentar o teor de cálcio e diminuir a toxicidade do alumínio em profundidade.

Nesse sistema, o calcário, principal insumo utilizado para a correção da acidez dos solos, é aplicado e mantido em superfície, sem incorporação. Vários estudos apontam que a aplicação de calcário em superfície (sem incorporação), no SPD, aumenta o pH, os teores de Ca e de Mg e a saturação por bases, além de reduzir a acidez potencial na camada superficial do solo e também em subsuperfície (Chatzistathis et al., 2015; Mosquera-losada et al., 2015; Pagani, Mallarino, 2015).

No entanto, os resultados são muito contraditórios e, apesar das evidências positivas do efeito do calcário em profundidade, este é muito dependente de alguns fatores relacionados ao próprio calcário, além do clima e das práticas de manejo do solo que garantam a preservação de uma estrutura de qualidade e aumento no teor de matéria orgânica, fundamentais para favorecer a atividade de minhocas e outros organismos biológicos

responsáveis pela formação de bioporos, por onde o calcário pode se movimentar de maneira vertical (Amaral et al., 2004).

Como resultado, algumas áreas começaram a apresentar problemas no subsolo (abaixo de 0,20 m), caracterizados por baixos teores de cálcio e elevados teores de alumínio, comprometendo o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, especialmente em períodos de déficit hídrico. Diante disso, a aplicação superficial de gesso agrícola pode representar uma alternativa para a melhoria do ambiente radicular nas camadas subsuperficiais (Doneux, 2021).

Diante desse cenário, o gesso agrícola surge como uma ferramenta para auxiliar na resolução desse problema no SPD, desde que aliado ao calcário que, fornece Ca e Mg, mas é pouco móvel no perfil, concentrando seus efeitos na superfície, especialmente num curto prazo. Ao contrário, o gesso é móvel e melhora o ambiente radicular em subsuperfície. Como condicionador de solo, o gesso tem uma solubilidade normalmente rápida, de aproximadamente 2,5 g L⁻¹ (Korndörfer, 2016).

Quanto à disponibilização de enxofre pelo gesso agrícola, é de grande importância por ser um nutriente que na maioria dos solos brasileiros se apresenta com baixos teores, devido, principalmente, ao uso de fertilizantes sem o nutriente em sua composição, e também pela lixiviação que ocorre do sulfato com as práticas da calagem e fosfatagem. Grande parte do enxofre provém da matéria orgânica, como por exemplo, a palhada gerada pelo SPD (Cristovam, 2021).

Assim, o gesso agrícola tem sido utilizado como uma opção para aumentar a concentração de Ca e S em profundidade, reduzindo a toxicidade do alumínio, sendo que a dose adequada a ser utilizada depende da finalidade de aplicação, tipo de solo e sistema de cultivo da cultura de interesse (Kost et al., 2014).

2.3 Critérios para recomendação de gesso

Para decidir qual o critério ideal de recomendação de gesso agrícola, devem ser observadas algumas características do solo, como a sua textura (% argila) (Sousa e Lobato, 2004) e até mesmo sua mineralogia (tipo de argila e

consequentemente CTC), saturação por bases (V%) e CTC efetiva das camadas subsuperficiais (Vitti et al., 2008), teor de matéria orgânica e da espécie vegetal cultivada. Entretanto, uma metodologia que contemple todas essas variáveis não existe na literatura.

A metodologia de Sousa e Lobato (2004), explica que para culturas anuais, inicialmente deve ser realizada uma diagnose do solo com amostragem nas profundidades de 0,20 a 0,40 m e de 0,40 a 0,60 m, e para as culturas perenes amostrar, também a camada de 0,60 a 0,80 m, porém segundo os autores, caso haja dificuldade na amostragem recomendada, pode-se optar a realizar a amostragem apenas na profundidade de 0,30 a 0,50 m. Após amostragem, as amostras vão para o laboratório para realização da análise química solicitando a determinação do teor de argila, sem levar em consideração sua mineralogia. Após essas etapas, com os resultados analisados, verificar a saturação por alumínio (m %), e que se estiver maior que 20% ou os teores de Ca forem menores que $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, é recomendada a aplicação de gesso ao solo amostrado, como fonte de Ca ou corretivo de Al, porém sem levar em consideração outros benefícios desta prática.

Assim, a quantidade recomendada da dose de gesso (D.G.) a ser aplicado para as culturas anuais e perenes, vai depender apenas do teor de argila do solo, podendo então ser utilizado as seguintes fórmulas, ou com base nos dados da classificação textural do solo para as culturas anuais e perenes (Tabela 1).

$$\text{Culturas anuais: } D.G. (kg/ha) = 50 \times \% \text{ Argila} \quad (1)$$

$$\text{Culturas perenes: } D.G. (kg/ha) = 75 \times \% \text{ Argila} \quad (2)$$

Tabela 1 - Recomendação de gesso agrícola (15% de S) em função da classificação textural do solo para culturas anuais e perenes

Textura do Solo	Dose de gesso agrícola	
	Culturas anuais	Culturas perenes
	 kg ha ⁻¹	
Arenosa	700	1050
Média	1200	1800
Argilosa	2200	3300
Muito argilosa	3200	4800

Fonte: SOUSA e LOBATO (2004)

Os autores afirmam que a recomendação de gesso pelos critérios acima citados, apresentam efeito residual, onde dependendo do solo, poderá se estender-se por até 15 anos.

Na literatura outra metodologia de recomendação do gesso é a de Sousa e Lobato e Rein (2005), baseada na amostragem do solo na camada de 0,20 a 40 m ou 0,30 a 0,50 m, com base na análise química e novamente considerando apenas o teor de argila (%) do solo, sem correção pela CTC advinda de mineralogias distintas, onde recomenda-se aplicar gesso quando a análise de solo indicar teores de Ca menores ou iguais a 0,5 cmol_c dm⁻³ e a m% for maior ou igual a 20%, considerando a seguinte fórmula em função do teor de argila do solo:

$$NG \text{ (kg/ha)} = 50 \times \% \text{ Argila } 5 \text{ ou}$$

$$\times \text{ argila (g kg}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

Em contrapartida, Vitti et al. (2008) propõem que a necessidade de aplicação de gesso é determinada pela análise de solo de amostragem nas profundidades de 0,20 a 40 m e 0,40 a 0,60 m para as culturas anuais, e de 0,60 a 0,80 m para culturas perenes, sendo necessário, em função do método de recomendação, também a determinação do teor de argila. Haverá grande possibilidade de resposta ao gesso quando essas análises revelarem as seguintes características:

- Teores de Ca menores que 5 mmol_c dm⁻³, ou
- Teores de Al maiores que 5 mmol_c dm⁻³ ou m% maior que 20 %, ou

- Saturação por bases menor que 35%.

Se as análises realizadas obedecerem aos critérios citados anteriormente, é recomendado aplicar o gesso agrícola de acordo com a seguinte equação de Vitti et al. (2008):

$$NG \text{ (t/ha)} = \frac{(V2 - V1) \times CTC}{500} \quad (4)$$

Onde: NG é a necessidade de gesso (t ha^{-1});

V2 é a saturação por bases que se deseja atingir;

V1 é a saturação por bases atual do solo;

CTC, a capacidade de troca de cátions (em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Em que V1 e CTC são avaliadas na camada de 0,20 a 0,40 m ou de 0,25 a 0,50 m. Enquanto que nas recomendações de Raji et al. (1996), sob o sistema plantio direto, não há um método de recomendação ainda definido, porém os autores consideram que 60 kg de gesso devem ser aplicados por ponto percentual de argila, para solos do estado de São Paulo, quando os teores de Ca forem menores ou iguais a $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, teor de alumínio maior que $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou saturação por Al for maior ou igual a 40% e de acordo com o teor de argila no solo, deve-se adotar a seguinte fórmula:

$$NG \text{ (kg/ha)} = 6 \times g/\text{kg de argila ou } 60 \times \% \text{ Argila} \quad (5)$$

Caires e Guimarães (2016) avaliaram metodologia para a recomendação de gesso agrícola no sul do Brasil, na camada diagnosticada de solo de 0,20 a 0,40 m, buscando elevar a saturação por Ca na CTCe (efetiva) do subsolo a 60%, ou seja, aplicar o gesso, para o solo com saturação por Ca na CTC efetiva (CTCe) menor que 50%. De acordo com este método, os autores recomendam aplicar a seguinte fórmula:

$$NG \text{ (kg/ha)} = (0,6 \times CTCe - \text{Teor de Ca } [\text{cmol}_c/\text{dm}^{-3}]) \times 6,4 \quad (6)$$

Quando não houver necessidade do gesso como condicionador de subsuperfície, é fundamental analisar os teores de S, principalmente na camada de 0,20 a 0,40 m, pois caso os teores sejam inferiores a 15 mg dm^{-3} de S, recomenda-se a dose de aproximadamente 500 kg por hectare de gesso, visando os aspectos operacionais e a adubação de sistemas.

Segundo Caires e Guimarães (2016), a metodologia para o uso de doses de gesso agrícola para melhoria de subsolos ácidos em SPD, tomando como camada de solo diagnóstica de 0,20 a 0,40 m, é necessário realizar a gessagem segundo os critérios:

- Teor de Ca for menor ou igual a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
- Saturação por Ca na CT_E for menor que 60 %
- Teor de Al for maior ou igual que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
- Saturação por Al for maior ou igual a 20 %

Aplicando assim, as seguintes fórmulas de acordo com:

$$\text{Teor de Argila (\%): } NG \text{ (kg/ha)} = 5 \times \text{Argila (g/kg)} \quad (7)$$

$$\text{Saturação por Bases (V\%): } NG \text{ (t/ha)} = (50 - V\%) \times \frac{CTC}{50} \quad (8)$$

Consequentemente os métodos aqui apresentados utilizam apenas os teores de argila, e/ou de cálcio, e/ou saturação por alumínio em subsuperfície para recomendação de gessagem. Apenas Caires e Guimarães (2016), vislumbram a CTC como critério para calibrar a dose de gesso de acordo com a capacidade do solo em reter cátions, enquanto que a de Vitti et al. (2008), leva em consideração a saturação por bases, entretanto, pela divisão simples na fórmula pelo fator 500, sem representar a verdadeira correção pela solubilidade do gesso. Assim, a avaliação de metodologias de recomendação de gessagem em sistemas de produção agropecuária no Cerrado, devem abordar análises de correlação no tempo e no espaço (profundidade do solo) com a produtividade agrícola, com o intuito de calibrar doses e determinar qual metodologia deve ser recomendada nestas condições.

2.4 *Azospirillum* no crescimento ou desenvolvimento radicular

A descoberta feita pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner, se tornou destaque mundial na década de 1970, onde as bactérias do gênero *Azospirillum*, tinham a capacidade de promover a fixação biológica de nitrogênio (FBN) quando associada com gramíneas (Hungria, 2011).

A espécie *Azospirillum brasilense* é comumente empregada na agricultura para inoculação em sementes de gramíneas como o milho, trigo ou para co-

inoculação de sementes de leguminosas como a soja, juntamente com a bactéria *Bradyrhizobium* (Reis, 2007). Com uma interação positiva entre as bactérias formadoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas de vida livre, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, além de auxiliar na FBN, tem como característica promover uma maior potencialização da nodulação nas leguminosas e maior crescimento radicular nas culturas inoculadas (Ferlini, 2006).

A técnica de co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* incrementa o número e massa de nódulos em plantas de soja, em relação às não inoculados, ou inoculadas somente com *B. japonicum*. O *Azospirillum* promove o aumento de pelos radiculares, assim aumentando o crescimento radicular, resultando na precoce formação de nódulos (Gitti, 2012; Chibeba et al., 2015).

2.5 Importância da soja

O Brasil possui uma grande importância no setor do agronegócio no cenário mundial, sendo o setor responsável por cerca de 25% do produto interno bruto (PIB) nacional (CEPEA/CNA, 2023). A soja é carro-chefe da produção brasileira, onde R\$ 1,00 de cada R\$ 3,55 do setor é proveniente de produção do grão (CNA, 2021). No Brasil é cultivada na maior parte do território nacional, em cerca de 56% da área agricultável (CONAB, 2023).

É uma planta anual, voltada principalmente para a produção de óleo e proteína. Os seus produtos e subprodutos podem ser utilizados de diversas formas, como é o caso da casca de soja, que pode ser utilizada tanto para alimentação de ruminantes, como para produção de biodiesel. São fontes comerciais para produção de etanol, fibra dietética, microfibrilas, polissacarídeos e pectina, e com potencial para serem convertidos em forma útil de energia, como bio-óleo por processo termoquímico (Silva et al., 2019).

A produção de soja tem se espalhado pelo território brasileiro a cada ano, onde antes era inviável a produção, hoje é um dos maiores estados produtores, como é o caso do Mato Grosso, pois solos de Cerrado eram considerados como uma fronteira distante, com difícil acesso e solos de baixa fertilidade (Zilio, 2019).

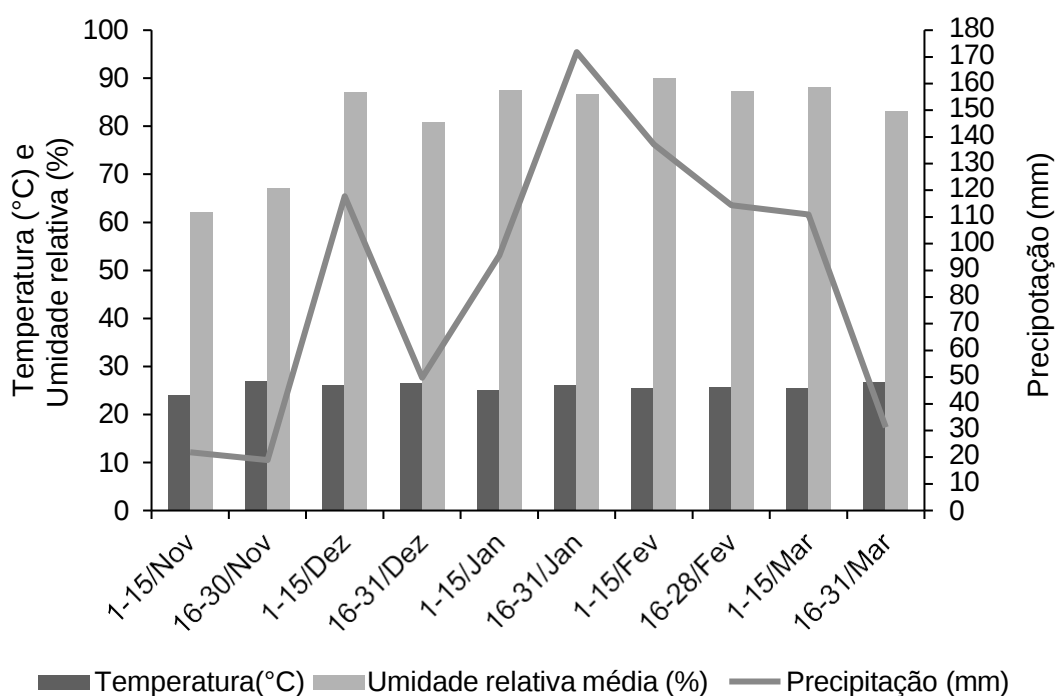
O avanço da produção brasileira advém da adoção de tecnologias que auxiliam em uma maior sustentabilidade, produtividade e lucratividade do sistema, contribuindo também para melhorias nas características do solo. De acordo com Taffarel et al. (2016), o cultivo da soja em Sistema Integração Lavoura-Pecuária vem ganhando destaque, especialmente na região Sul, pois são implantadas sobre os resíduos de cereais cultivados no inverno.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho faz parte de um experimento de longa duração no seu sexto ano de instalação, desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria, estado de Mato Grosso do Sul ($20^{\circ}20'05''\text{S}$ e $51^{\circ}24'26''\text{W}$, altitude de 335 m).

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Na Figura 1 constam as condições climáticas durante o período de condução do experimento.

Figura 1- Temperaturas médias, umidade relativa média e precipitação durante a condução do experimento na safra 2022/2023



Fonte: Produção da própria autora.

De acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2020), o solo em que foi instalado o experimento é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, e a área na qual foi estabelecida a pesquisa, está sendo cultivada com culturas anuais em SPD há 11 anos.

A gessagem inicial foi efetuada a lanço na superfície do solo e sem

incorporação, em setembro de 2017, segundo metodologia de Caires e Guimarães (2016) para uso de gesso em SPD, em que a camada de solo diagnóstica foi de 0,20 a 0,40 m.

Como histórico da área após gessagem, foi realizado o cultivo sucessivo de soja (novembro de 2017 a março de 2018), sorgo em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (março a julho de 2018), milho em consórcio com capim Paiaguás (novembro de 2018 a março de 2019), aveia preta (junho a outubro de 2019), soja (novembro de 2019 a março de 2020), aveia preta (junho a outubro de 2020), soja (novembro de 2020 a março de 2021), aveia preta (junho a outubro de 2021) e milho em consórcio com capim Paiaguás (novembro de 2021 a março de 2022).

O delineamento experimental é o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial de 5 x 2, sendo cinco doses de gesso baseadas na metodologia de Caires e Guimarães (2016), e as sementes das gramíneas da rotação inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense*. As doses de gesso foram: 0 (controle); 2,9 (0,5 x dose); 5,7 (dose da metodologia padrão); 8,5 (1,5 x da dose) e 11,4 t ha⁻¹ (2 x dose padrão), conforme fórmula (6). Sendo cada unidade experimental (parcela) constituída por 9 m de largura e 6,3 m de comprimento, perfazendo 56,7 m².

Após colheita do milho no cultivo de outono/inverno de 2022, o capim Paiaguás advindo do consórcio do milho, no qual foi semeado em conjunto com o capim Paiaguás no cultivo entre dezembro de 2018 a março de 2022 com inoculação do *A. brasilense*, em seguida, foi deixado em livre crescimento até o dia 24/10/2022, o qual serviu para produção de palhada e cultivo da soja em sucessão. Por esse motivo foi realizada a coleta do capim, cortando-se as plantas rente ao solo, em 3 pontos por parcela, numa área de 1 m², as quais foram pesadas e colocadas em estufa a 65 °C por 72 h e determinada a matéria seca, a qual foi extrapolada por hectare. Após o momento da coleta as plantas remanescentes por parcela foram dessecadas com Glifosato, na concentração para formação de palhada e continuidade do SPD, com o cultivo da soja.

A semeadura da soja objeto deste estudo, subsequente ao capim Paiaguás foi realizada no dia 09/11/2022, nas mesmas áreas das parcelas antecessoras, obedecendo o espaçamento de 0,45 m nas entrelinhas e 14,4 sementes por metro linear. A cultivar escolhida foi a 97R50 IPRO, caracterizada

por ser de elevado potencial produtivo e uniformidade de maturação em regiões do Cerrado, com alto peso de grãos. A adubação de semeadura foi realizada com 136 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16. A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* (estirpe SEMIA 5079 com 5x10⁹ UFC/g, na dose de 100 mL/25kg de sementes, na formulação turfosa), foi realizada momentos antes da semeadura.

Quando a soja estava no estágio R1-R2 (florescimento), em 06/01/2023 foram coletadas 5 plantas por parcela e realizada a contagem do número de nódulos por planta e massa seca de nódulos, a fim de avaliar a nodulação da soja e seu potencial de fixação de nitrogênio.

Ao final do ciclo produtivo da soja, foram determinados os componentes da produção e produtividade de grãos da cultura. A colheita do experimento foi realizada em 29/03/2023, momento em que foram coletadas 10 plantas por parcela para determinação do número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos (13% de umidade – base úmida). Além disso, realizou-se a contagem do número de plantas em 9 metros lineares para determinação da população final, a qual foi transformada em população por hectare. Para determinação dos componentes morfológicos foram medidas a altura das plantas e a altura de inserção da primeira vagem nas mesmas 10 plantas coletadas para determinação dos componentes da produção.

Para determinação da produtividade de grãos, as plantas da área útil de cada parcela (3 linhas de 3 m de comprimento) foram arrancadas e deixadas para secagem. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilhagem mecânica, pesando-se os grãos de cada parcela, e os dados foram transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P \leq 0,05$). As médias para fator da inoculação foram comparadas por teste t a 5% de probabilidade, e regressão para o fator doses de gesso. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise da produção de matéria verde (MV) e a seca (MS) do capim Paiaguás (Tabela 2), quanto ao fator residual das doses de gesso, não houve ajuste de regressão, entretanto, para inoculação, observa-se que as áreas inoculadas apresentaram maior produção tanto de matéria verde, quanto de matéria seca, demonstrando o efeito benéfico das bactérias promotoras de crescimento de plantas sobre o desenvolvimento e produtividade do capim.

Tabela 2 - Médias da produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) do capim *Urochloa brizantha* - BRS Paiaguás, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com *Azospirillum brasilense*. Selvíria, MS

Tratamento	MV	MS
	----- kg ha ⁻¹ -----	
Doses de gesso (t ha ⁻¹)		
0	5505	3209
2,9	5702	2949
5,7	6040	3111
8,5	6085	3151
11,4	5989	3150
Inoculação		
Com	6448a ^(**)	3409a
Sem	5280b	2819b
Teste F - (Gesso)	0,83 ^{ns}	0,92 ^{ns}
Teste F - (Inoculação)	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}
Teste F - G x I	0,12 ^{ns}	0,05 [*]
CV (%)	20,21	19,38

⁽¹⁾Médias seguidas por letras diferentes na coluna, para tratamentos distintos, diferem entre si pelo Teste t (LSD) a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste t (LSD), respectivamente. ^{ns} não significativo. CV: coeficiente de variação.
Fonte: Produção da própria autora.

Segundo Galindo et al. (2020), o *Azospirillum brasilense* beneficia as gramíneas auxiliando no desenvolvimento radicular que por consequência favorece o aproveitamento da superfície do solo para absorção de água e

nutrientes. Dessa maneira, a inoculação de Bactérias Promotoras do Crescimento Vegetal (BPCV) é uma técnica viável para suprir a demanda por insumos, nutrientes e protetores, que são demandados por um modelo de agricultura sustentável. Molla et al. (2001) em estudo de laboratório, demonstraram que o *Azospirillum* tem o potencial de estimular significativamente o crescimento de raízes, influenciando de forma positiva o crescimento e desenvolvimento da planta. Isso pode explicar o resultado significativo resultante da inoculação do *Azospirillum* aos demais tratamentos, visto que essa bactéria possibilita um maior crescimento radicular, favorecendo a exploração do solo e absorção de nutrientes.

As BPCV são procariotos capazes de colonizar o solo e plantas, provendo benefícios aos seus hospedeiros por mecanismos como: fixação biológica de nitrogênio, produção de fitormônios, solubilização de nutrientes e proteção contra estresses bióticos e abióticos (Takahashi, 2022). Verifica-se similaridade de resultados em trabalhos na literatura como de Okon e Labandera Gonzalez (1994), Bashan e Holguin (1997) e Bashan et al. (2004), no qual demonstram que o *A. brasilense* estimula o crescimento e a produtividade de várias espécies de plantas, assim sendo, em mais da metade dos experimentos conduzidos houve um acréscimo significativo na produção de gramíneas, com valores em torno de 5% a 30%. Portanto, tais estudos citados apresentaram resultados semelhantes aos resultados apresentados, em razão dos efeitos positivos do *Azospirillum* inoculado em gramíneas.

Quanto ao desdobramento das interações entre residual das doses de gesso e inoculação para produção de matéria seca (Tabela 3), constata-se que as doses de 5,7 e 8,5 t ha⁻¹ combinada com a área inoculada propiciou maior produção de matéria seca. Entretanto, sem ajuste significativo com ou sem o uso da inoculação de forma isolada.

Segundo Portugal (2017), bactérias promotoras de crescimento de plantas podem auxiliar por diversos mecanismos na nutrição nitrogenada das culturas. Além disso, dentre os mecanismos, destacam-se a produção de hormônios, que interferem no crescimento das plantas e podem alterar a morfologia das raízes, possibilitando a exploração de maior volume de solo e a fixação biológica do N₂. Portanto, *A. brasilense* via sementes, pode beneficiar a cultura do milho e do capim em consórcio e em sucessão a soja,

suplementando o desenvolvimento das raízes pela cultura, e reduzindo o uso de fertilizante nitrogenado.

Tabela 3 - Desdobramento das interações Doses de gesso x inoculação, para a produção de matéria seca (MS) da *Urochloa brizantha* - BRS Paiaguás. Selvíria – MS.

Tratamento Doses de gesso (t ha ⁻¹)	Inoculação	
	Com MS (kg ha ⁻¹)	Sem
0	3236	3182
2,9	2853	3045
5,7	3803A	2418B
8,5	3731A	2572B
11,4	3422	2879

Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo Teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção da própria autora.

Conforme Freitas (2022), alguns estudos têm exposto como recurso alternativo para a economia de fertilizantes, o uso da inoculação das sementes por bactérias diazotróficas, destacando-se entre os diversos gêneros o *Azospirillum*. Calcula-se que com o uso de inoculantes envolvendo cepas selecionadas de *A. brasilense*, pode haver economia de U\$ 2 bilhões por ano em fertilizantes minerais, diminuindo também os custos com transporte e redução na poluição resultante da produção de fertilizantes nitrogenados (Hungria, 2011). Dessa forma, observa-se que os estudos com plantas leguminosas vêm desde o início do século XX, o que permitiu um grande avanço na prática de inoculação de sementes com bactérias simbióticas. No entanto, as pesquisas com gramíneas são mais recentes, contudo já é notado que os resultados vêm sendo positivos (Rosário, 2013).

Com a utilização do gesso agrícola as características químicas do solo podem ser alteradas, tornando esse solo mais favorável para a penetração pelas raízes das plantas, visto que cada vez mais o plantio direto é mais utilizado e o revolvimento do solo nos sistemas de produção está sendo o menor possível (RAMPIM et al., 2011). Logo, o avanço da pesquisa sobre a fertilidade de solos para o uso agrícola torna-se contribuinte, sendo um fator importante para uma maior absorção de nutrientes pelas plantas (Filho et al., 2016). Segundo Rampim et al. (2011), o gesso também dispõe Ca^{2+} e SO_4^{2-} .

,contribui para a redução dos teores de Al^{3+} e eleva os teores de Ca^{2+} , principalmente em camadas mais profundas do solo. Altas quantidades de gesso aplicadas, podem influenciar na lixiviação de nutrientes importantes para o desenvolvimento e absorção pelas plantas, como potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}) entre outros, isso se dá pela alta concentração de Ca^{2+} fornecida pela gessagem. Ademais, doses elevadas podem ajudar no aumento do pH do solo minimamente, diminuindo a acidez (Ghisleni, 2020). Desse modo, diante dos resultados obtidos pelas doses de gesso padrão e 1,5 vezes a dose padrão, pode-se afirmar que houve uma resposta significativa na produção de matéria seca do capim Paiaguás.

Não houve efeito das doses de gesso para número (NOD) e massa fresca (MFN) e seca (MSN) de nódulos por planta de soja (Tabela 4). Contudo, houve maior massa fresca de nódulos quando há inoculação das gramíneas antecessoras à soja, com *A. brasilense*. Tal resultado pode ser explicado segundo Flauzino et al. (2018), pois com a técnica de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* mais *Azospirillum brasilense*, a soja apresentou maior produtividade em sucessão ao consórcio de milho com *U. ruziziensis*, não se diferindo estatisticamente do milho solteiro. Também Bárbaro et al. (2009), estudando a técnica de coinoculação, verificaram que a soja apresentou maior rendimento de grãos (2.986 kg ha^{-1}) e maior massa de mil grãos, com uso de combinação de inoculantes a base de *Azospirillum brasilense*. Além disso, Hungria et al. (2013), afirmam que incrementos de produtividade na cultura da soja podem ser confirmados, em relação a inoculação exclusiva de *Bradyrhizobium* e com a coinoculação de *Bradyrhizobium* mais *Azospirillum*, podendo aumentar até 7,7% na produtividade de grãos.

Tabela 4 - Médias de números de nódulos por planta (NOD), massa fresca de nódulos por planta (MFN) e massa seca de nódulos por planta (MSN), durante o cultivo de soja, safra 2022/2023, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com *A. brasilense*. Selvíria, MS

Tratamento	NOD	MFN	MSN
	----- g -----		
Doses de gesso			
0	34	0,33	0,15
2,9	35	0,34	0,17
5,7	39	0,36	0,18
8,5	29	0,35	0,17
11,4	28	0,31	0,14
Inoculação			
Com	36	0,45a ⁽¹⁾	0,16
Sem	29	0,22b	0,16
Teste F - (Gesso)	0,45 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,57 ^{ns}
Teste F - (Inoculação)	0,14 ^{ns}	0,0001 ^{**}	0,69 ^{ns}
Teste F - G x I	0,15 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,38 ^{ns}
CV (%)	39,44	19,66	33,68

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras diferentes na coluna, para tratamentos distintos, diferem entre si pelo Teste t (LSD) a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{*}: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste t (LSD), respectivamente. ^{ns} não significativo. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Produção da própria autora.

Segundo de Moraes (2016), existe interação positiva entre as bactérias formadoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas de vida livre, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, que além de auxiliar na fixação biológica de nitrogênio (FBN), tem como característica promover uma maior potencialização da nodulação nas leguminosas e maior crescimento radicular nas culturas inoculadas. Assim, a técnica de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* incrementa o número e massa de nódulos em plantas de soja, em relação às não inoculadas, ou inoculadas somente com *B. japonicum*. Além disso, o *Azospirillum* promove o aumento de pelos radiculares, assim aumentando o crescimento e volume radicular, resultando na precoce formação de nódulos (Gitti, 2012; Chibeba et al., 2015), entretanto, a técnica de coinoculação requer maiores estudos se realizada diretamente nas sementes de soja com as duas bactérias ou uma delas nas sementes e outra no solo, como aqui realizado pelo histórico da área.

De acordo com Dalolio et al. (2018), os mecanismos de ação do *Bradyrhizobium* e da *Azospirillum* são diferentes. No caso do último, os

benefícios também advêm da produção de fitohormônios, com grande impacto no crescimento das raízes. Desta forma, um sistema radicular maior e mais volumoso, propicia maior absorção e/ou aproveitamento de água e nutrientes. Considerando-se a água, têm-se como resultados menor suscetibilidade a estresses hídricos. Em relação aos nutrientes, observa-se maior vigor das plantas, além de equilíbrio nutricional dado o melhor aproveitamento dos nutrientes contidos no solo e por meio das fertilizações. Além disso, vale ressaltar, que o maior desenvolvimento do sistema radicular com *Azospirillum* também potencializa a nodulação e conseqüentemente maior contribuição da fixação biológica do nitrogênio e assim incremento da produtividade tanto de vagens e sementes. Com tudo, nas áreas onde a soja foi inoculada, não houve incremento significativo para número de nódulos, demonstrando que o efeito de formador de nódulos, pode não ter dado o resultado esperado devido à fatores múltiplos ainda não encontrados.

Quanto aos componentes morfológicos, da produção e produtividade de grãos da soja, não houve ajuste para residual das doses de gesso (Tabela 5), com relação á área da soja inoculada, não houve efeito significativo no número de vagens por planta, na altura de inserção de primeira vagem e no número de grão por vagem, entretanto, a inoculação das gramíneas antecessoras por *A. brasilense*, aumentaram significativamente a altura de plantas, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos.

Tabela 5 - Médias dos valores de altura de planta (ALT (cm)), altura de inserção de primeira vagem (ALTPV (cm)), número de grãos por planta (NGP), de vagens por planta (NVP), população de plantas (POP (plantas por hectare)), produtividade de grãos (PG (kg ha⁻¹)) e massa de 100 grãos (M100 (g)) de soja, safra 2022/2023, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com *A. brasilense*. Selvíria, MS

Tratamento	ALT	ALTPV	NGP	NVP	POP	PG	M100
Doses de gesso (t ha ⁻¹)	cm		-		Plantas ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g
0	111,6	24,9	203	109	158333	4219	17,4
2,9	105,3	23,3	266	132	143518	3833	17,9
5,7	108,5	25,6	293	142	158642	3875	17,7
8,5	106,6	24,8	243	120	156173	3883	17,9
11,4	108,6	25,3	217	108	159876	3929	17,1
Inoculação							
Com	111,8a ⁽¹⁾	24,5	256	115	146049b	4193a	18,2a
Sem	104,5b	25,0	232	120	164568a	3703b	17,2b
Teste F - (Gesso)	0,65 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,64 ^{ns}
Teste F - (Inoculação)	0,001*	0,57 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,0001**	0,001*	0,003*
Teste F - G x I	0,96 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,00**	0,76 ^{ns}	0,52 ^{ns}
CV (%)	8,00	11,11	28,75	25,03	8,37	15,52	7,01

⁽¹⁾Médias seguidas por letras diferentes na coluna, para tratamentos distintos, diferem entre si pelo Teste t (LSD) a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste t (LSD), respectivamente. ^{ns} não significativo. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Produção do próprio autor.

Segundo Marques et al. (2021), não houve diferenças significativas para a AP, AIPV, NVP, POP, M100 e PROD da cultura da soja sobre palhada de diferentes forrageiras. Entretanto, para os tratamentos com ou sem inoculação por *A. brasilense*, houve distinção, com incrementos nas áreas inoculadas para AP, NVP, POP e PROD, enquanto que para AIPV e M100 não houve variações significativas. Portanto, o uso da inoculação por *Azospirillum brasilense* em sistema agropecuários com gramíneas, com maior deposição de palhada, é determinante para o aumento de produtividade, similar ao apontado por Nakao et al. (2019), após avaliar a produtividade da soja advinda após consórcio de sorgo com capim Paiaguás e inoculadas com a bactéria *Azospirillum brasilense*.

A inoculação com *A. brasilense*, mesmo nas gramíneas antecessoras à soja, demonstra que, de modo geral, houve efeito residual, com incrementos significativos na produtividade da soja. Uma das hipóteses para esse efeito residual na cultura da soja é a disponibilidade de bactérias residuais na palhada

da cultura estabelecida anteriormente, as quais, segundo Battisti e Simonetti (2014), possuem efeito considerável sobre o volume de nódulos e crescimento radicular, resultando em aumento de produtividade. De acordo com Hungria (2011), a bactéria proporciona um maior efeito no desenvolvimento das raízes por conta da inoculação e isso pode implicar em efeitos de absorção de água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em plantas mais vigorosas e produtivas.

Para a população de plantas a área não inoculada apresentou as maiores médias, pois na área não inoculada o volume de palhada sobre o solo na semeadura da soja foi significativamente menor (Tabela 1), resultando em uma menor barreira física para corte pelo mecanismo sulcador da semeadora e conseqüentemente maior emergência das plantas de soja, justificando a maior população de plantas da área. Entretanto, pela menor população final e com maior volume de palhada do capim Paiaguás antecessor sobre o solo, deduz-se que a maior quantidade de nutrientes reciclados da palhada e menor competição entre plantas determinou a maior massa de 100 grãos da área na área inoculada (Tabela 5), que acarretou junto a maior produtividade de grãos e a maior altura de plantas, demonstrando os benefícios do maior volume de palhada/material orgânico no solo e das bactérias diazotróficas.

Segundo Balbinot Junior et al. (2017), o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram maiores quando a soja foi cultivada sobre alta quantidade de palha de milho + braquiária *ruziziensis* (25,1 Mg ha⁻¹), comparando a produtividade nos tratamentos com palhada em relação ao solo descoberto.

Também Ubida (2017) constatou maior produtividade da soja, quando do maior aporte de palhada da cultura antecessora, sendo as maiores produtividades obtidas quando a soja foi semeada após o milho, braquiária + ervilhaca, milho + braquiaria, milho + *Crotalaria spectabilis*, cartamo e níger, diferindo das demais sucessões. Embora não existindo diferenças entre as culturas antecessoras mencionadas, a soja semeada após o níger e após o consórcio milho com braquiária teve em magnitude as maiores produtividades, em torno de 5340 kg ha⁻¹. Desse modo, os resultados obtidos neste trabalho ratificam que no SPD, que utiliza rotação de culturas com aporte em qualidade e quantidade adequadas de palha permite melhorias nos atributos químicos,

físicos e biológicos do solo, proporcionado pela diversidade de espécies de plantas, arquiteturas radiculares e ciclagem de nutrientes, favorecendo produtividades crescentes com o passar dos anos.

No desdobramento das interações entre residuais de doses de gesso e inoculação (Tabela 6), para o fator população de plantas, demonstrou-se que há uma maior população de plantas em área não inoculada nas doses de 0 (testemunha), 5,7 e 8,5 t ha⁻¹ de gesso.

Tabela 6 - Desdobramento das interações - Doses de gesso x inoculação, para população de plantas (POP) de soja, em função do residual de doses de gesso e inoculação ou não com *A. brasilense*. Selvíria, MS

Tratamento	Inoculação	
	Com	Sem
Doses de gesso (t ha ⁻¹)	Plantas por hectare	
0	138888B ⁽¹⁾	177777A
2,9	142592	144444
5,7	142592B	174691A
8,5	143827B	168518A
11,4	162345	157407

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si, pelo Teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção da própria autora.

De acordo com Ribeiro et al. (2020), a inoculação com *A. brasilense* no capim e milho antecessor a soja, incrementou os componentes da produção e produtividade da soja em sucessão. Com isso, houve desdobramento da interação da forrageira dentro da modalidade de inoculação para a produtividade de soja, evidenciando aumento quando inoculado. Por esse motivo, com o efeito da palhada dos capins e principalmente quando uso da bactéria promotora de crescimento antecessora, houve incrementos nas características agronômicas e produtividade da soja. Entretanto, foi possível observar no presente estudo que as áreas não inoculadas resultaram em respostas mais significativas e relevantes em comparação as áreas inoculadas, que não apresentaram ajustes significativos para o fator população de plantas.

Ascari e Mendes (2018) afirmaram que doses elevadas de gesso agrícola sob condições de boa disponibilidade hídrica podem prejudicar a produção da cultura da soja por induzir a deficiência nutricional de magnésio, promovendo a

redução da produtividade e massa de grãos nas doses acima de 3 t ha⁻¹ de gesso. Ademais, Bartzen et al. (2020) também relataram que a produtividade da soja nas duas maiores doses de gesso agrícola foi reduzida, mostrando a clara competição entre Ca e Mg, pois na análise foliar houve a redução na absorção do Mg acima da dose de 2400 kg ha⁻¹ de gesso. Portanto, doses de gesso em excesso podem diminuir ou inibir a produtividade da soja.

Entretanto, segundo Quani (2021), o uso do gesso aumenta os teores de Ca e S no solo, levando consigo para as camadas mais inferiores do solo, os cátions K⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺, acarretando numa melhoria nas condições subsuperficiais. Porém, é necessário ter cuidado com a dose aplicada, pois doses muito elevadas podem lixiviar Mg para zonas não exploradas pelas raízes, além de aumentar ainda mais o custo de produção. A mobilização de cátions e enxofre para camadas subsuperficiais do solo acarreta em melhor enraizamento e sistema radicular mais vigoroso da planta, assim, o processo de ciclagem de nutrientes é beneficiado, melhorando também a absorção hídrica pelas plantas, principalmente em épocas de déficit hídrico. Zandoná et al. (2015) afirmam que a melhoria das camadas superficiais do solo e também o aumento de Ca nas partes mais profundas do solo diminuiu a toxidez por Al, e devido a aplicação de gesso agrícola no sistema com ou sem o incremento de calcário, houve um acréscimo de produtividade na cultura soja, variando entre 11,3 e 11,4%.

De acordo com pesquisa feita por Fois et al. (2018), ainda não existe uma recomendação precisa de critérios de tomada de decisão e de doses a serem utilizadas na aplicação de gesso na cultura de soja. Apesar dos benefícios nas propriedades químicas do solo promovidas pela aplicação de gesso, vários estudos realizados em solos do estado de Paraná, não têm proporcionado incremento na produtividade de soja com aplicação superficial de gesso agrícola em áreas sob plantio direto. Existem estudos que observaram aumento nas concentrações de Ca, Mg, K e S foliar na soja com aplicação de gesso, porém sem influenciar a produtividade de grãos. Outros estudos destacam que a resposta da soja ao gesso é significativa, principalmente, em safras com déficit hídrico, devido ao maior crescimento radicular em profundidade nos tratamentos com gesso agrícola. Por fim, alguns estudos apontam, ainda, que pode haver redução da produtividade de soja com

aplicação de doses muito elevadas de gesso agrícola por indução de deficiência de Mg.

5. CONCLUSÕES

A produção de matéria seca do capim Paiaguás antecessor a soja é maior quando há inoculação por *A. brasiliense*, associada ao residual após 60 meses da aplicação da dose padrão ou 1,5 vezes a dose recomendada pela fórmula do método de Caires e Guimarães (2016).

Para o cultivo da soja, a inoculação das gramíneas antecessoras por *A. brasiliense* proporcionou aumento de 16 sacas em relação às áreas não inoculadas, entretanto, sem efeito da gessagem.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 359–367, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000200014>
- ASCARI, J. P.; MENDES, I. R. N. Desenvolvimento agrônomo e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 4, p. 47-60, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171014>
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.58, p.592-598, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000800004>
- BARTZEN, B. T.; OLIVEIRA, P. S. R.; SEIDEL, G. O.; HOELSCHER, G. L.; PIANO, J. T. Resposta do trigo e soja após a aplicação de doses de gesso agrícola. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 3, p. 113–123, 2020. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i3.24834>
- BATTISTI, A. M.; SIMONETTI, A. P. M. M. Inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v.8, n.3, p. 294 –301, 2014. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/564c636bdb0ff.pdf
- BENINTENDE, S.; UHRICH, W.; HERRERA, M.; GANGGE, F.; STERREN, M.; BENINTENDE M. Comparación entre coinoculación com *Bradyrhizobium japonicum* *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. **Agriscientia**, v. 23, n. 2, p. 71-77, 2010. Disponível em: <http://ref.scielo.org/cq7vnc>
- BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27–35, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v15i1.10565>
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000200008>
- CAIRES E. F.; GUIMARÃES A. M. Recomendação de gesso para solos sob plantio direto da região sul do Brasil. **Anais do Fertilbio**, p. 486-486, 2016. Disponível em: <https://sbcs.org.br/fertilbio2016/anais/pdfs/plenary/BEED.pdf>
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA]; Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil [CNA]. PIB do agronegócio. **Sumário Executivo**. 2023. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do->

agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 23 out. 2023.

CHATZISTATHIS, T.; ALIFRAGIS, D.; PAPAIOANNOU. The influence of liming on soil chemical proprieties and copper toxicity in *Juglans regia*, *Robinia pseudoacacia*, *Eucalyptus* sp. and *Populus* sp. plantations. **Journal of Environmental Management**, v. 150, n. 1, p. 149–156, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.020>

CHIBEBA A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Science**, v. 6, p. 1641-1649, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1019251>

Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 6 - Safra 2022/23 - **Décimo segundo levantamento**, Brasília, v. 10, p. 1-110, setembro 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

COSTA, C. H. M.; CASTRO, G. S. A.; FERRARI NETO, J.; GUIMARÃES, T. M. Gessagem no sistema plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n. 1, p. 201–215, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1018389>

CRISTOVAM, M. E. P. **Doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da aveia preta inoculada ou não com *Azospirillum brasilense*, e da soja em sucessão**. Monografia em Engenharia Agronomica. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, Brasil, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/214296>

DALOLIO, R. S.; BORIN, E.; DA CRUZ, R. M. S.; ALBERTON, O. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 7, n. 2, p. 1-7, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/O-Alberton/publication/327097118_CO-INOCULACAO_DE_SOJA_COM_Bradyrhizobium_e_Azospirillum/links/5f1305de299bf1e548c0d73e/CO-INOCULACAO-DE-SOJA-COM-Bradyrhizobium-e-Azospirillum.pdf

DE MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J. C.; DA SILVA, V. R. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no Sul do Brasil**. 1 ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287778646_Manejo_e_conservacao_do_solo_e_da_agua_em_pequenas_propriedades_rurais_no_sul_do_Brasil_co_textualizando_as_atividades_agropecuarias_e_os_problemas_erosivos

DE NIRO, R. G.; DE MELO, L. M. M.; DINALLI, R. P.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DE SOUZA CELESTRINO, T. Cultura da soja em sucessão ao cultivo de milho em consórcio com braquiárias. **Revista Cultura Agronômica**, v. 26, n. 3, p. 225-236, 2017. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2017v26n3p225-236>

DONEUX, M. F. **Atributos químicos do solo seis meses após aplicação de**

gesso em superfície no sistema plantio direto. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200022>

FLAUZINO, D. S.; RIBEIRO, L. M.; CECCON, G. Soja associada a inoculação e coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* após cultivos de outono-inverno. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.5, n. 1, p. 47-53, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1101120/1/ID36731.pdf>

FOIS, D. A. F.; LANA, M. D. C.; ALVAREZ, J. W. R.; FRANDOLOSO, J.; VERA, L. R. Q.; TIECHER, T. Resposta da soja ao gesso agrícola em plantio direto no Paraguai. **Revista Ceres**, v. 65, p. 450-462, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865050010>

FREITAS, B. S. **Bioindicadores de qualidade do solo e produtividade da soja em função do residual da adubação fosfatada e inoculação das gramíneas antecessoras com *Azospirillum brasilense*.** Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, Brasil, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/235708>

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; BOLETA, E. H. M.; FERNANDES, G. C. Silício como corretivo de acidez associado ao *Azospirillum brasilense* para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada e rentabilidade do trigo. **Semina Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 447-464, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n2p447>

GHISLENI, G.; MARTINS, A. P.; BRAUWERS, L. P.; GOULART, M. W.; VALER, J. B.; DUARTE, L. P.; CARMONA, F. D. C. Gesso em terras baixas: alterações químicas do solo e resposta do arroz irrigado e da soja. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. v.26, n.1, p. 332 - 346, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/254793>

GITTI, D.C.; ARF, O.; KANEKO, F.H.; RODRIGUES, R.A.F. BUZETTI, S.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Agrarian**, v.5, p.36-46, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1297>

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, p. 151-153, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/964713/1/TecnologiadecoinoculacaodasojaacomBradyrhizobiumeAzospirillumincrementosnoren timersustentabilidadeebaixocusto.pdf>

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** Embrapa Soja, Londrina, PR, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/879471>

KORNDÖRFER, G. **Gesso agrícola**. [s. d.], 2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/23751120-Gesso-agricola-instituto-de-ciencias-agrariasadubos-adubacao-o-que-e-gesso-agricola.html>>. Acesso em: 28 out. 2023.

KOST, D.; CHEN, L.; GUO, X.; TIAN, Y., LADWIG, K.; DICK, W.A. Effects of flue gas desulfurization and mined gypsums on soil properties and on hay and corn growth in eastern Ohio. **Journal of Environmental Quality**, v. 43, n. 1, p. 312-321, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0157>

MARQUES, F. de O.; RIBEIRO, N. A. A.; NAKAO, A. H. Componentes de produção de soja cultivada em sequeiro no sistema de integração lavoura-pecuária utilizando *Azospirillum brasilense*. **UNIFUNEC CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**, v. 10, n. 12, p. 1–10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24980/ucm.v10i12.4404>

MOLLA, A. H.; SHAMSUDDIN, Z. H.; HALIMI, M. S.; MORZIAH, M.; PUTEH, A. B. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 33, n. 4, p. 457-463, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00186-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00186-3)

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; FERREIRO DOMÍNGUEZ, N. Effect of liming and organic and inorganic fertilization on soil carbon sequestered in macro-and microaggregates in a 17-year-old *Pinus radiata* silvopastoral system. **Journal of Environmental Management**, v. 150, n. 1, p. 28–38, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.015>

NAKAO, A. H.; ANDREOTTI, M.; SOARES, D. D. A.; MODESTO, V. C.; PECHOTO, E. A. P.; FREITAS, L. A. Soybean in succession to the residue of the sorghum/Paiaguás grass straw with *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v. 66, n. 5, p. 395-401, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201966050009>

PAGANI, A.; MALLARINO, A. P. On-farm evaluation of corn and soybean grain yield and soil pH responses to liming. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 1, p. 71–82, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0314>

PAULETTI, V.; PIERRI, L. D.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000200014>

PEREIRA, D. A. **Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do capim Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, Brasil, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2021.tde-13122021-182233>

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; PERES, A. R.; GITTI, D. D. C; GARCIA, N. F. S. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum*

brasiliense em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 639-649, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170074>

PROCHNOW, L.; CAIRES, E.; RODRIGUES, C. Phosphogypsum use to reduce subsoil acidity: the Brazilian experience. **Better Crops**, v. 100 n. 2, p. 12-15. 2016. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/BD6F609D14C8394C85257FB5006E2655/\\$FILE/BC-2016-2%20p13.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/BD6F609D14C8394C85257FB5006E2655/$FILE/BC-2016-2%20p13.pdf)

QUANI, G. R. **Efeito residual da aplicação de gesso agrícola sobre o desempenho agrônômico da soja em sistema plantio direto**. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil, 2021. Disponível em: <http://bdtd.unoeste.br:8080/jspui/handle/jspui/1496>

RAMPIM, L.; LANA, M. D. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500023>

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Embrapa Agrobiologia, p. 22, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/629377/1/doc232.pdf>>. Acesso em: 21, out., 2023.

ROSÁRIO, J. G. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à redução na adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de trigo**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro-oeste, Santa Cruz, PR, Brasil, 2013. Disponível em: <http://tede.unicentro.br:8080/jspui/handle/tede/147>

SACHETTI, B. B. **A importancia da rotaçao de culturas para o sistema de plantio direto**. Trabalho de conclusão de curso em Agronomia. Faculdade da Amazônia, Vilhena, AM, Brasil, 2021.

SANTOS, P. M.; JÚNIOR, J. A.; HONORATO, M. V.; PEGO, A. W.; CASAROLI, D.; BATTISTI, R.; SOUSA, J. M. F. Uso de gesso agrícola para atenuar o déficit hídrico em plantas jovens de mogno africano no cerrado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43268-43280, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-080>

SASABUCHI, I. T.; KRIEGER, K. S.; NUNES, R. S.; FERREIRA, A. C.; XAVIER, G. T.; URZEDO, A. L.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso de fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 46, n. 2, 185-198, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170967>

SILVA, F.M.; PEDROZA, M.M.; OLIVEIRA, L. R. A.; COLEN, A.G.N.; AMARAL, P.H.B. Rotas tecnológicas empregadas no aproveitamento de resíduos da indústria da soja. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p. 326-363, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Aymara-Colen/publication/332058031_ROTAS_TECNOLOGICAS_EMPREGADAS_NO

[APROVEITAMENTO DE RESIDUOS DA INDUSTRIA DA SOJA/links/5e66949192851c7ce0551aca/ROTAS-TECNOLOGICAS-EMPREGADAS-NO-APROVEITAMENTO-DE-RESIDUOS-DA-INDUSTRIA-DA-SOJA.pdf](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355)

SOUSA, D. D.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados, Planaltina, Informação Tecnológica. 2. ed. p. 416, 2004. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355>

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do cerrado**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, Brasil, 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/568533>

TAFFAREL, L. E., OLIVEIRA, P. S. R., PIANO, J. T., COSTA, P. F., CASTAGNARA, D. D., NERES, M. A. Residual straw soybean yield in succession to oat, wheat and triticale grown in crop livestock integration system. **Revista Científica**, v. 44, n. 1, p. 40-48, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p40-48>

TAKAHASHI, W. Y. **Estudo da mobilidade do *Azospirillum brasiliense* em gramíneas sob diferentes formas de inoculação**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil, 2022. Disponível em: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3857>

UBIDA, R. B. **Produtividade da soja em sucessão a gramíneas e oleaginosas no sistema plantio direto**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1229>

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001678724>

ZILIO, I. D. A. V. **Sistema de integração lavoura-pecuária – Soja e Pecuária Bovina, Viabilização da Produção e Formas de Comercialização**. Trabalho de conclusão de curso em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MS, Brasil, 2019.