

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GIOVANNI RIBEIRO QUANI

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

PATO BRANCO

2021

GIOVANNI RIBEIRO QUANI

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

**Residual effect of gypsum application on the agronomic performace of soybean
under no-till farming system**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Luís César Cassol.

PATO BRANCO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença (CC BY-NC-ND) permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obranão são cobertos pela licença.

GIOVANNI RIBEIRO QUANI

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 19/novembro/2021

Luís César Cassol
Prof. Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Ricardo da Rocha Campos
Prof. Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cassiano Melo de Moura
Mestrando
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PATO BRANCO

2021

Dedico este trabalho principalmente a minha mãe pelo árduo esforço que fez para me ajudar durante todo meu período de graduação e à minha família, pelos inúmeros momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e o mais importante, a Deus, pelo dom da vida e pelas bênçãos que tem me dado durante toda minha caminhada.

A minha mãe Sueli Ribeiro, que foi excepcional e essencial nessa etapa, se dedicou arduamente para me ajudar em todos os momentos do período de graduação e me incentivou nos momentos mais difíceis possibilitando tornar esse sonho realidade.

A minha família por sempre estarem comigo, me apoiando em todas as minhas decisões e sempre me dando força para nunca desistir dos meus sonhos. Em especial a minha Vó, que sempre se preocupou comigo.

A Universidade pela oportunidade da graduação e a todos os renomados professores pelos conhecimentos repassados, culminando com meu crescimento profissional e pessoal. Em especial, a professora Rachel Guimarães, que me deu a oportunidade de estagiar no laboratório de Física do Solo.

Ao professor-orientador e amigo Dr. Luís César Cassol pelo privilégio de poder trabalhar ao seu lado, uma pessoa com tanto renome, conhecimento e humildade, pela amizade que fizemos nesse período que irei levar por toda minha vida e pela orientação nesse trabalho, em conjunto com seu tempo disponibilizado, sempre que precisei estava pronto para sanar minhas dúvidas e me ajudar.

Aos meus longevos amigos Giovanni Silva e Pedro Paulo Zanini, que me incentivou a fazer minha graduação e me ajudou na chegada e acomodação na cidade.

Aos meus colegas de turma, que fiz uma grandiosa amizade e que levarei por toda a vida, tanto pelas dificuldades passadas juntos como pelos bons momentos. Em especial ao Raul Zucolo, Carlos Sczepanski, Rogê Afonso, Rogê Henrique, Lucas Colonelli, Daniel Molinari, Lucas Sauthier, Eduardo Sandrin e Camila Xaves que me ajudaram e contribuíram diretamente na condução desse trabalho e por toda amizade construída nesse período de graduação.

A todos os integrantes e ex-integrantes da República Granjão, Victor Kainã, Vinicius Santos, Vinícius Kunz e Brendo Henrique que me acolheram prontamente, sendo de suma importância no início da minha graduação.

Agradecemos ao LabSolos pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

E por fim, mas não menos importante, a todos meus colegas de turma e a todas as pessoas com quem fiz amizades e que, mesmo de forma indireta, me ajudaram nesse período, meus singelos agradecimentos.

RESUMO

Na indústria de fertilizantes fosfatados, durante a produção do ácido fosfórico, é obtido um subproduto, denominado como gesso agrícola. Esse material em forma de pó, tem sido usado para correção de perfil de solo, carreando cálcio e enxofre e reduzindo a atividade tóxica do íon alumínio em profundidade. A melhoria das condições químicas do perfil pode favorecer o crescimento do sistema radicular propiciando melhores condições às plantas, especialmente em anos de déficit hídrico. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito residual de doses crescentes de gesso agrícola, nos componentes de rendimentos e no rendimento de grãos da cultura da soja. O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, em um Latossolo Vermelho distroférico típico com textura muito argilosa. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (doses crescentes de gesso): 0, 2, 4, 6 e 8 Mg ha⁻¹, aplicadas em superfície e com quatro repetições. O gesso foi aplicado em janeiro/2019 e a cultura da soja foi implantada na safra 2019/2020, cerca de um ano após a aplicação do gesso. Foram avaliados: rendimentos de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV). A aplicação residual de gesso agrícola, influenciou significativamente apenas no rendimento de grãos, mas com um índice de confiabilidade baixo (R² 33,2%). Conclui-se que, nas condições do estudo, em situação normal de pluviosidade, o gesso não influencia no desempenho da soja.

Palavras-chave: acidez; gesso agrícola; lixiviação; rendimento.

ABSTRACT

In the phosphate fertilizer industry, during the production of phosphoric acid is generated a waste product, it is called like gypsum fertilizer. This material, in dust form, has been used to correct the soil profile, loading calcium and sulfur and reducing the aluminum toxic activity in depth. The improvement of the chemical profile conditions may help the root system growth, providing the best conditions to the plants, especially in dry years. The aim of this paper has been to evaluate the residual effect of increasing doses of gypsum fertilizer in the yield components in the soybean crop. The experiment was conducted at Federal Technological University of Paraná, campus Pato Branco in a Latossolo Vermelho distroférrico típico with a very clayey texture. The experimental design used was randomized block design, with five treatments (increasing doses of gypsum fertilizer): 0, 2, 4, 6 and 8 Mg ha⁻¹, applied on the surface and with four repetitions. Gypsum fertilizer was applied in January/2019 and the soybean crop was implemented in the 2019/2020 harvest, one year after gypsum fertilizer supplied. Grain yields, mass of one thousand grains, number of pods per plant and number of grains per pod were evaluated. The residual application of agricultural gypsum influenced, significantly, only the grain yield, but with a low reliability index (R² 33.2%). It is concluded that, under the conditions of the study, in normal rainfall conditions, gypsum fertilizer doesn't influence the performance of soybeans crop.

.

Keywords: acidity; agricultural gypsum; leaching; crop yields.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Planta sem e com aplicação de gesso e seu respectivo efeito no desenvolvimento do sistema radicular.	19
Figura 2 - Precipitação pluviométrica durante o período experimental (outubro de 2019 a março de 2020)	22
Figura 3 - Massa de Mil Grãos (A), Número de Vagens por Planta (B) e Número de Grãos por Vagem (C) em resposta ao efeito residual de doses crescentes de gesso.....	26
Figura 4 - Rendimento de grãos de soja em resposta ao efeito residual de doses crescentes de gesso.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadrados médios da análise de variância em função de respostas da soja ao efeito residual da aplicação de doses de gesso.	25
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GM	Grupo de Maturação
MMG	Massa de mil grãos
NVP	Número de vagens por planta
NGV	Número de grãos por vagem
RG	Rendimento de grãos
SPD	Sistema Plantio Direto
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
g	Gramas
ha	Hectare
Kg	Quilograma
K	Potássio
L	Litro
m	Metros
Mg	Magnésio
Mg	Megagrama
OH	Hidroxila
pH	Potencial Hidrogeniônico
S	Enxofre
t	Tonelada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Geral	15
2.2	Específicos	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Uso eficiente de fertilizantes e corretivo	16
3.2	Gesso agrícola.....	17
3.3	Uso de gesso na agricultura.....	19
3.4	Resposta da soja ao uso do gesso agrícola	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Componentes de rendimento da soja.....	25
5.2	Rendimentos de grãos de soja.....	27
6	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

O Brasil deve atingir o patamar de aproximadamente 250 milhões de toneladas de grãos na safra 2020/2021 (CONAB, 2021), mesmo com todos os problemas desta safra decorrentes de chuvas no plantio ou na colheita, secas, geadas e pragas. No entanto, já de algum tempo, o custo de produção da agricultura brasileira encontra-se em um patamar muito elevado. Sendo assim, para garantir altas produtividades e um retorno econômico satisfatório no setor agrícola, é necessário ter uma melhor eficiência e aproveitamento dos recursos disponíveis. Estes são intrínsecos ao ambiente ou a fatores externos envolvidos no processo de produção (fertilizantes, sementes, defensivos agrícolas, mão-de-obra, entre outros). Para a atual safra (2021/2022), o preço dos fertilizantes teve um substancial aumento, decorrente da alta do dólar, aumento do frete internacional e escassez de matéria prima. Os fertilizantes mais usados na agricultura como Cloreto de Potássio, Ureia e os Fosfatados, por exemplo, tiveram um aumento de 212%, 172,41% e 80,95% respectivamente, do início do ano até o mês de outubro (VELOSO, 2021). Da mesma forma, os corretivos de acidez também tiveram alta no preço, fato que prejudica especialmente as áreas novas onde, por características naturais do solo, se exige altas doses de calcário.

As práticas de adubação e calagem são fatores importantes no aumento de produtividade, podendo incrementar cerca de 50% quando feitas corretamente. Para alavancar a produtividade, cabe aos agricultores ter em mente um conceito básico que envolve a aplicação eficiente desses fertilizantes e corretivos. Entretanto, por falta de assistência técnica ou por considerar que a calagem e adubação são práticas simplistas, é observado baixa eficiência dos corretivos e adubos agrícolas (LOPES; GUILHERME, 2000).

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) usado na agricultura é um subproduto da produção do ácido fosfórico, via úmida, através da reação da rocha fosfatada com o ácido sulfúrico, em temperaturas controladas (MELO; SILVA, 2013). Diferentemente do calcário que é $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, o gesso agrícola não é corretivo de acidez, uma vez que sua ação no solo não gera íons OH^- . Por esta razão, o gesso agrícola é considerado um condicionador de solo e corretivo de sodicidade. Outra diferença em relação ao calcário, é que o gesso agrícola tem alta solubilidade, acarretando

aumento nos teores de cálcio, enxofre e em menor quantidade de magnésio nos horizontes subsuperficiais do solo, além de diminuir a atividade do alumínio tóxico para as plantas (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

A implantação do sistema plantio direto (SPD) no Brasil, nos anos de 1970, com evolução nos anos 1990, trouxe benefícios para a agricultura. No entanto, com a ausência do revolvimento do solo, a prática de calagem passou a ser realizada em superfície. Em razão da sua baixa solubilidade, o calcário acabou se mostrando um produto de ação limitada às camadas superficiais do solo, gerando aumento dos teores de Ca e Mg em superfície. Assim, nas camadas subsuperficiais do solo podem ocorrer limitações de cálcio e o aumento de alumínio tóxico para as plantas, prejudicial a seu sistema radicular, especialmente quando não houver uma adequação incorporação deste calcário no início do SPD.

Nesse contexto, a aplicação de gesso é uma ferramenta de auxílio para melhorar o desenvolvimento radicular das plantas em subsuperfície, devido a presença de sulfato, carreando cálcio, magnésio e potássio para as camadas mais profundas do solo. Convém ressaltar que o gesso não é substituto do calcário, mas sim um complemento (SORATTO *et al.*, 2010).

Devido a maior solubilidade do gesso agrícola, é aumentado a movimentação de cátions no perfil do solo e redução dos níveis de alumínio (Al^{3+}) devido a formação do par sulfato de alumínio $Al(SO_4)_3$. É importante estudar a dinâmica do gesso no decorrer do perfil do solo e o efeito que irá acarretar nas áreas agrícolas onde é utilizado, especialmente na cultura da soja (BRAGA, 2014).

Segundo a Conab (2021), a cultura da soja no Brasil na safra 2020/2021 teve uma produção de aproximadamente 136 milhões de toneladas, em uma área de pouco mais de 38,5 milhões de ha, mas ainda continua em grande expansão, mantendo a tendência de crescimento para a safra 2021/2022. Os levantamentos apontam um crescimento em torno de 3,6% em relação à safra passada, tendo uma projeção de aproximadamente 141 milhões de toneladas e com uma área maior, alavancando para cerca de 39 milhões de ha.

O objetivo do presente trabalho é analisar o efeito residual do gesso agrícola, aplicado no ano anterior da implantação da cultura, sobre os componentes de rendimento e rendimento de grãos de soja cultivada em sistema plantio direto.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito residual da aplicação de gesso agrícola (um ano depois) sobre o desempenho produtivo de soja.

2.2 Específicos

Quantificar os componentes de rendimento de soja (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos), após um ano da aplicação de gesso agrícola;

Avaliar a produtividade de soja sob efeito residual da aplicação de gesso agrícola.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Uso eficiente de fertilizantes e corretivo

A eficiência dos fertilizantes e corretivos pode ser entendida como o aumento de produção em relação a uma unidade do nutriente aplicado. O uso racional dos fertilizantes na agricultura atual é de suma importância, não só se tratando dos cuidados com o meio ambiente, mas também com as perdas econômicas decorrentes de seu uso de modo indiscriminado. Pensando em aumento de produtividade e retorno financeiro, os corretivos e fertilizantes são os principais responsáveis por esses aspectos. A calagem e adubação tem extrema importância, representando cerca de 50% do aumento de produtividade das culturas (LOPES; GUILHERME, 2000), porém sempre devem ser respeitados os critérios técnicos com vistas à um uso racional desses insumos.

Em sua grande maioria os solos brasileiros apresentam baixa a média fertilidade natural. Associado a estas condições naturais, também se observa que a maior parte das áreas agrícolas vem sendo mal manejadas. A calagem é uma prática consagrada, porém acelera o processo de mineralização da matéria orgânica contida na superfície do solo. Por ser um produto pouco solúvel, o processo de correção de acidez com o uso de calcário é lento e seu efeito tende a se concentrar nas camadas superficiais do solo. Além disso, quando usado sem critério e acompanhamento das mudanças na química do solo, a elevação excessiva do pH também contribui negativamente para a disponibilidade dos micronutrientes metálicos, como ferro, manganês cobre e zinco (CASALE, 2013).

Nesse contexto pode-se afirmar que o manejo errôneo dos solos, com uso excessivo de calcário, combinado com altas doses de fertilizantes e conservação ineficiente dos solos, especialmente a ausência de cobertura do solo e de práticas mecânicas de contenção da velocidade de escoamento da água, acarreta perda de produtividade dos cultivos e redução na sustentabilidade. Em situação oposta, mas não menos importante, quando em condição de excessiva acidez e presença de alumínio tóxico (Al^{3+}) as raízes tem dificuldade de crescimento e ocorre um prejuízo a absorção de água e nutrientes, reduzindo a produtividade dos cultivos.

Uma das estratégias para melhoria no aproveitamento dos nutrientes pelas plantas é o uso do gesso agrícola. Por ser um produto de maior solubilidade promove maior desenvolvimento radicular em profundidade, criando um ambiente favorável para que as plantas consigam absorver água e nutrientes nas camadas mais profundas do solo (BRAGA, 2014), característica particularmente importante em anos de déficit hídrico.

O bom desenvolvimento radicular das plantas é crucial para resultar em adequado crescimento da parte aérea. Dentre os principais fatores que reduzem o crescimento vigoroso e profundo das raízes estão a toxidez por Al^{3+} e a deficiência de cálcio (NEIS, 2009).

Para que o gesso agrícola, juntamente com outros fertilizantes, seja utilizado de forma eficiente, visando ganhos de produtividade, a análise química do solo, na camada superficial (0-20 cm) e subsuperficial (20-40 cm), é fundamental para a tomada de decisão. A partir dos resultados obtidos pode-se inferir sobre uma possível resposta (ou não) da aplicação de gesso agrícola, maximizando o seu uso e melhorando a sua eficiência.

3.2 Gesso agrícola

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.

Diante desse cenário, o gesso agrícola surge como uma ferramenta para auxiliar na resolução desse problema, desde que aliado ao calcário que corrige a acidez do solo, aumenta pH, 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 $2,5 \text{ g L}^{-1}$ (KORNDÖRFER, 2016).

A principal função do gesso agrícola é proporcionar um maior crescimento radicular das plantas no perfil do solo, aumentando a resistência das plantas ao estresse hídrico, fazendo com que a planta tenha um melhor aproveitamento dos fertilizantes e conseqüentemente uma maior produção (MALAVOLTA, 1989).

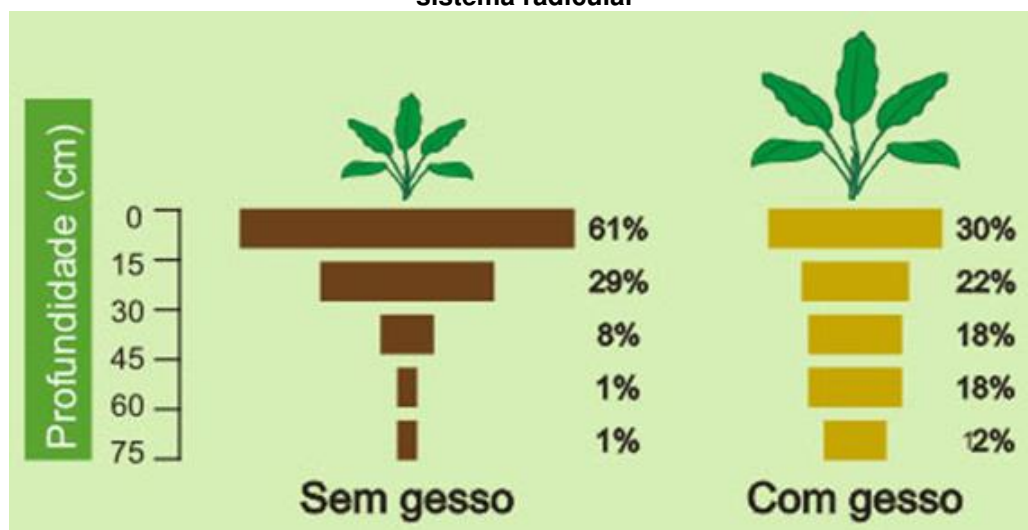
Em solos onde houve aplicação de gesso agrícola, ocorre descida de Ca e de outros cátions por lixiviação devido a formação de compostos de maior solubilidade com o ânion sulfato. A movimentação de cátions no decorrer do perfil do solo é facilitada pela aplicação de gesso, que também acarreta uma redução dos níveis de alumínio considerado tóxico para as plantas devido a formação do Sulfato de Alumínio (AlSO_4^+), o qual reduz a atividade do Al (BRAGA, 2014).

O gesso agrícola apresenta cerca de 20% de cálcio, 15% de enxofre, também 0,7% de P_2O_5 e 0,6% de flúor (NEIS, 2009). 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 (SILVA *et al.*, 1997; 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 captura pelas raízes das plantas.

Korndörfer (2016) relata que diante da alta solubilidade do gesso agrícola, ele consegue penetrar mais facilmente no perfil do solo (Figura 1), pois fornece cálcio em profundidade, reduz Al em superfície, proporciona um sistema radicular mais profundo, um sistema radicular mais distribuído no perfil, raízes maiores e mais pesadas, absorção de água e nutrientes favorecidas e as plantas tolerar um maior tempo ao estresse hídrico sem causar danos significativos.

As respostas ao uso do gesso agrícola normalmente não são imediatas, sendo necessário anos para se obter um resultado significativo. Em um experimento realizado na cidade de Campos Novos (SC), obteve-se resposta para a cultura da soja no quinto ano após a aplicação do gesso, esse fato se deu pelas plantas ter sido mal distribuídas e déficit hídrico, acarretando em um melhor desenvolvimento radicular das plantas e com isso favorecendo incremento de produtividade da soja com uso do gesso (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

Figura 1 - Planta sem e com aplicação de gesso e seu respectivo efeito no desenvolvimento do sistema radicular



Fonte: BiosafraBrasil (2019)

Na cidade de Mococa (SP), avaliou-se a resposta da soja à aplicação de gesso (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹), combinado com calcário (0, 3, 6 e 9 t ha⁻¹), sendo as aplicações feitas a lanço e incorporadas na camada 0-20 cm do solo, com o auxílio dos equipamentos arado e grade de discos. Na dose de 2 t ha⁻¹ de gesso obteve-se uma produtividade de 2.342 kg ha⁻¹ de grãos, rendimento esse maior de quando se aplicou apenas o calcário (TANAKA; MASCARENHAS, 2002).

Doses de gesso de 0, 0,5, 1, 2, 4 e 8 t ha⁻¹ foram aplicadas em Latossolo Vermelho de textura muito argilosa, no município de Barra Funda (RS), em cultivo de milho, com calcário, e de soja, com e sem calcário. Nas duas culturas o gesso aumentou a produtividade de grãos e a maior resposta observada ocorreu até a dose de 2 t ha⁻¹, sendo responsável por aumentar em 9,3% a produtividade de milho, e de 11,4% e 11,3% para a produtividade de soja, com e sem calcário, respectivamente, em relação a testemunha (ZANDONÁ *et al.*, 2015).

3.3 Uso de gesso na agricultura

Como o gesso é um subproduto da produção dos fertilizantes fosfatados, rico em Ca (20%) e S (15-18%), é considerado um condicionador de solo, usado com o intuito de melhorar as propriedades do solo, podendo ser elas físicas, químicas e até da atividade biológica. Por ser um produto com solubilidade elevada,

aumenta rapidamente na profundidade do perfil do solo as concentrações dos nutrientes Ca^{2+} e SO_4^{2-} . Com isso o sistema radicular das plantas pode se desenvolver satisfatoriamente, pela redução da atividade do Al tóxico. Além de todos esses benefícios ainda aumenta a concentração dos macronutrientes cálcio e enxofre no solo, que são de suma importância para o incremento de produtividade de uma lavoura (CHINELATO, 2018).

O Sulfato de cálcio dihidratado (gesso) tem uma coloração branco-amarelada, apresentando-se na forma de pó. Tem sido usado na agricultura, muito pela retirada do nutriente enxofre da maioria dos adubos, os nutrientes estão sendo mais concentrados nas formulações comerciais, por uma produção em excesso e uma armazenagem industrial elevada. As hipóteses mais aceitáveis para o uso racional do produto tem sido quando se quer uma alternativa diferente para suprir a necessidade Ca e S no solo e com um solo que faz com que o crescimento radicular das plantas seja desfavorável, ou seja, quando se quer melhorar os horizontes, deixando os perfis mais homogêneos (EMBRAPA, 2000).

As principais funções do Ca são: ajudar as bactérias que fixam o nitrogênio e que são formadoras dos nódulos nas raízes das plantas leguminosas, para captação do nitrogênio atmosférico e fazer a conversão em uma forma utilizável para as plantas. Estimular o desenvolvimento das raízes e das folhas, afetando de forma direta a absorção e atividade de outros nutrientes, além de formar compostos que fazem parte das paredes celulares, fortalecendo a estrutura da planta. Já o enxofre controla os hormônios designados para o crescimento e desenvolvimento da planta, ajuda no combate contra pragas e aos fungos fito patogênicos e também importante artefato para as proteínas (CHINELATO, 2018).

3.4 Resposta da soja ao uso do gesso agrícola

A utilização de gesso agrícola no sistema pode melhorar os atributos do solo, devido a atuação como floculante do íon Ca^{2+} . Barros *et al.* (2004) citam que calagem e gessagem em solos salino-sódicos promovem melhoria e aumento da taxa de infiltração, deixam o solo mais permeável, com melhor redistribuição de água, tudo isso decorrente da agregação dos colóides ser maior. O uso do gesso agrícola aplicado em um Latossolo Roxo distrófico, na cidade de Londrina,

aumentou a infiltração da água no solo, acarretando uma redução de argila no escoamento de água (ROTH; PAVAN, 1991).

O uso do gesso aumenta os teores de Ca e S no solo, levando consigo para as partes mais inferiores os cátions K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} , acarretando uma melhora nas condições subsuperficiais. Porém, é necessário ter cuidado com a dose aplicada, pois doses muito elevadas podem lixiviar Mg para zonas não absorvidas pelas raízes (CAIRES *et al.*, 2003), além de aumentar ainda mais o custo de produção.

A mobilização de cátions e enxofre para camadas subsuperficiais do solo acarreta um melhor enraizamento e um sistema radicular mais vigoroso da planta, o processo de ciclagem de nutrientes é beneficiado, melhora a absorção hídrica pelas plantas, principalmente em épocas de déficit hídrico (RAMPIM *et al.*, 2011).

Segundo Rampim *et al.* (2011), houve redução de Al trocável no solo devido a aplicação de gesso e em três camadas avaliadas do horizonte do solo (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), sendo que na quantidade de 3 t ha⁻¹ houve a maior redução. Neste trabalho, desenvolvido em Guaíra, PR, o gesso aumentou os teores foliares de Ca, Mg e S, porém não influenciou na produtividade de soja.

Avaliando seis doses de gesso agrícola (0 a 1600 kg ha⁻¹), durante dois anos agrícolas, em dois municípios situados no Departamento do Alta Paraná, Região Oriental do Paraguai, Fois *et al.* (2018) também não encontraram relação entre o gesso e os componentes de rendimento e produtividade de grãos de soja. Nesse trabalho, o gesso não afetou os teores nutricionais no grão e no tecido foliar da soja. Esses resultados são justificados pelos autores devido aos teores de S no solo não serem limitantes. Além disso, reiteram a necessidade de avaliações após três a cinco anos da aplicação do gesso devido a migração de Ca^{2+} e SO_4^{2-} para as camadas subsuperficiais.

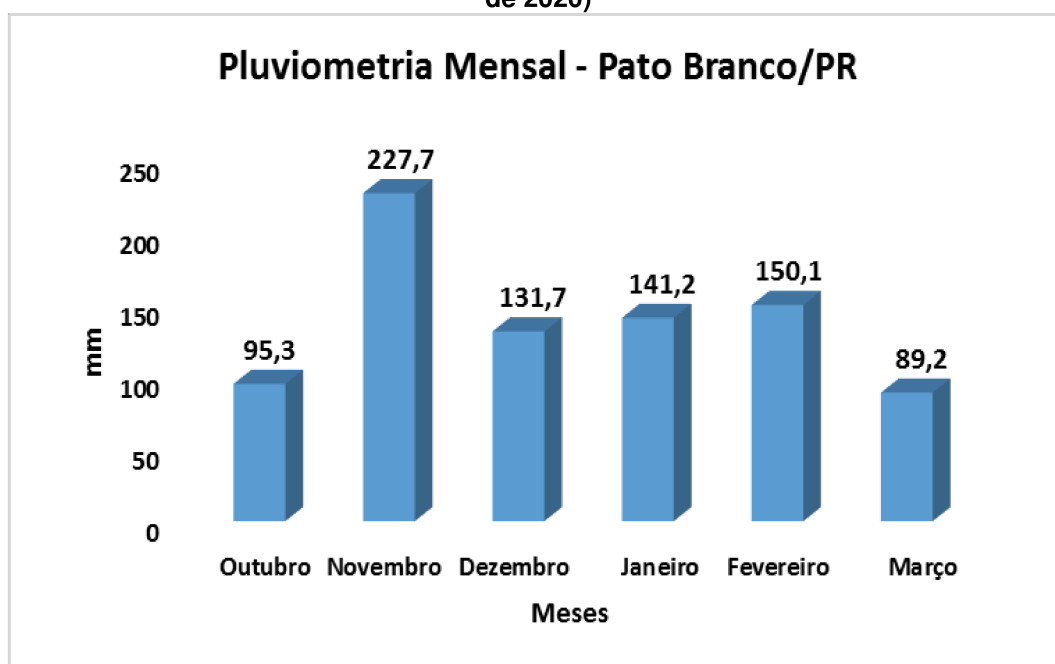
Os resultados de literatura apresentam respostas muito variáveis ao uso do gesso, podendo não haver resposta, esta ser positiva ou até mesmo negativa. Em uma meta-análise avaliando 129 colheitas de seis diferentes safras de grãos (930 pares de observação), Pias *et al.* (2020) concluíram que em cereais de inverno, milho e arroz existe uma probabilidade de 77-97% de aumento de rendimento de grãos em solos com saturação por alumínio superior a 5% na camada de 0,20-0,40 m. Porém, para a cultura da soja a maior chance de resposta positiva (88%) ocorre em solos com saturação por alumínio superior a 10% na camada de 0,20-0,40 m e, especialmente, quando existe ocorrência de déficit hídrico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, situada no município de Pato Branco-PR, nas coordenadas 26°10'12" S e 52°40'68" W e com altitude de 760 m, e teve início em janeiro de 2019 com o cultivo do milho segunda safra.

O clima é classificado como Cfa segundo a Köppen e Geiger, sendo que a temperatura média é de 17,1 °C. A média anual de pluviosidade é de 1.947 mm, com chuva moderada e distribuída o ano todo. Na Figura 2 é apresentada a condição de precipitação pluviométrica durante o período experimental, de outubro/2019 a março/2020.

Figura 2 - Precipitação pluviométrica durante o período experimental (outubro de 2019 a março de 2020)



Fonte: Instituto das Águas Paraná (2020)

O solo é oriundo de rochas basálticas, com textura muito argilosa e do tipo Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2013). Cerca de três meses antes do início do experimento procedeu-se a aplicação de calcário na área experimental, visando a elevação da saturação por bases para 60%. O calcário foi aplicado a lanço, sem incorporação, na dose de 2,2 Mg ha⁻¹, usando calcário

dolomítico com 28,6% de CaO, 20,1% de MgO e PRNT de 88%. A área encontrava-se com palhada de aveia, que havia sido cultivada no inverno de 2018.

O experimento teve início em janeiro de 2019, com a aplicação dos tratamentos com o gesso agrícola, dois dias antes da semeadura do milho segunda safra, cuja colheita ocorreu em maio de 2019. Após a colheita do milho a área experimental permaneceu em pousio.

O delineamento experimental é o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada unidade experimental mede 3,75 x 8 m cada, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram da aplicação, em superfície (janeiro/2019) de doses crescentes de gesso agrícola (0, 2, 4, 6 e 8 Mg ha⁻¹). A definição das doses seguiu a recomendação da equação proposta por Caires; Guimarães (2018), para um solo que apresentava teor de Ca e saturação por Ca de 2,0 cmol_c dm⁻³ e 45%, respectivamente, e CTC efetiva de 4,37 cmol_c dm⁻³, na camada de 20-40 cm. De acordo com a equação a dose recomendada seria de 4 Mg ha⁻¹ de gesso e a partir dessa dose foram definidas as demais.

No dia 17 de outubro de 2019 procedeu-se a dessecação da área com aplicação de forma sequencial, primeiro Glisofato e posteriormente, momentos antes da semeadura, aplicação de Paraquat.

A semeadura da soja ocorreu no dia 23 de outubro de 2019. A cultivar de soja utilizada foi a TMG 7262 RR, cujo GM 6.2. Semeou-se com 9,5 plantas m⁻¹, obtendo-se um stand final de 7,77 plantas m⁻¹, com um espaçamento entre linhas de 0,45 m. Procedeu-se adubação de base com 280 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16.

Posterior a semeadura, os tratos culturais foram feitos sempre de acordo com a necessidade, para o controle de pragas e doenças, para se obter uma melhor performance da cultura. A colheita foi realizada no dia 04 de março de 2020.

Os parâmetros utilizados para avaliação de resposta da cultura da soja devido ao uso do gesso agrícola, foram:

Número de vagens por planta: foram colhidas 10 plantas por unidade experimental, feito a contagem total do número de vagens e o resultado dividido por 10.

Número de grãos por vagem: dentre as 10 plantas colhidas, posteriormente a contagem do número de vagens por planta, quantificado o número total de grãos por vagem e o resultado dividido pelo número total de vagens.

Massa de mil grãos: foi determinada pela estimativa da contagem e pesagem de 100 grãos, repetida 10x, corrigindo-se a umidade para 13%.

Rendimento de grãos: as plantas foram coletadas em três metros lineares, das quatro linhas centrais de cada unidade experimental, totalizando uma área útil de 5,4 m², e o peso transformado para kg ha⁻¹ com umidade corrigida para 13%.

Todas essas avaliações foram feitas no estágio de maturação fisiológica da cultura da soja, ponto ideal para colheita de grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando constatado significância, procedeu-se a análise de regressão à 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos componentes de rendimento avaliados na cultura da soja, não houve diferença significativa para massa de mil grãos (MMG), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) em relação ao efeito residual do uso de doses crescentes de gesso. Apesar disso, o rendimento de grãos de soja foi influenciado pela aplicação do gesso (Tabela 1).

Tabela 1 - Quadrados médios da análise de variância em função de respostas da soja ao efeito residual da aplicação de doses de gesso

FV	GL	RG	MMG	NVP	NGV
Blocos	3	62384,40	301,29	46,02	0,0098
Tratamentos	4	799970,42*	41,44 ^{ns}	88,74 ^{ns}	0,0087 ^{ns}
Resíduo	12	216012,85	121,05	33,99	0,0065
Média		4531,80	233,50	73,94	2,39
CV (%)		10,26	4,71	7,88	3,37

FV = Fontes da Variação; GL = Graus de Liberdade; RG = Rendimento de Grãos; MMG = Massa de Mil Grãos; NVP = Número de Vagens por Planta; NGV = Número de Grãos por Vagem; CV = Coeficiente de Variação; * = significativo a 5%; ns = não significativo
Fonte: Autoria própria (2021)

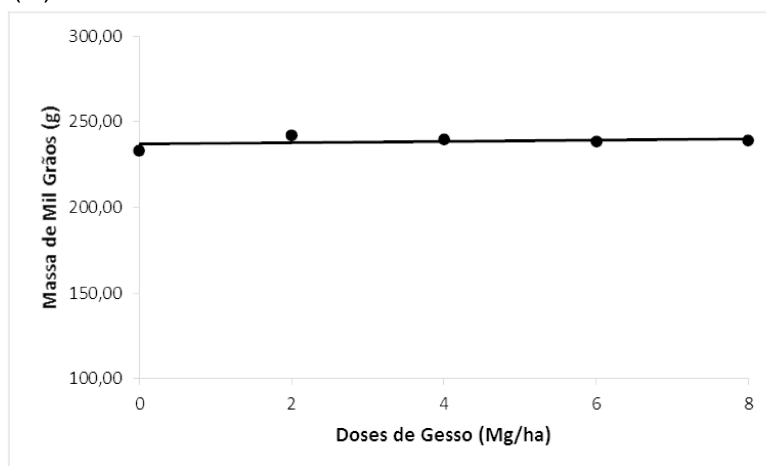
5.1 Componentes de rendimento da soja

Os componentes de rendimento da cultura da soja, massa de mil de grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, não foram influenciados pelas doses crescentes de gesso agrícola. As médias foram 233,50g, 73,94 e 2,39, respectivamente (Figura 3).

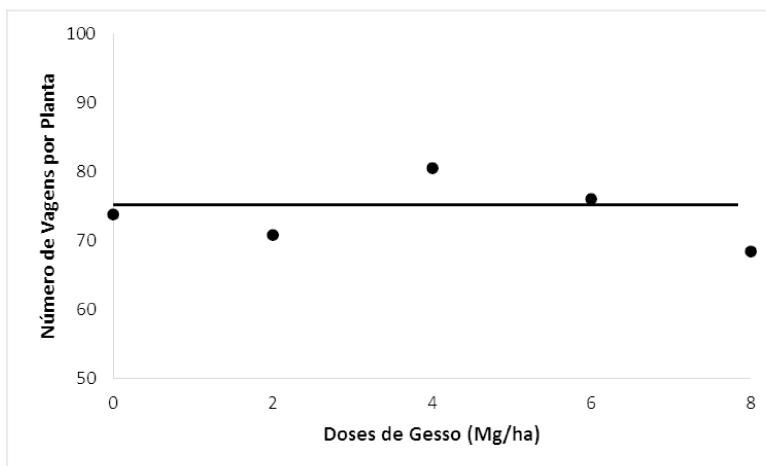
Os resultados indicam que, mesmo a área apresentando características que indicavam o uso do gesso agrícola, conforme proposto por Caires; Guimarães (2018), este não surtiu o efeito desejado, possivelmente pela não observância de déficit hídrico durante o período experimental (Figura 2). No início do desenvolvimento da soja, onde é definida a produtividade, a precipitação pluviométrica foi alta. Sendo assim, mesmo não avaliando o sistema radicular da cultura, pode-se subentender que não houve um aprofundamento das raízes nas camadas mais profundas do solo, devido a boa distribuição de chuva, logo o papel relevante do gesso em melhorar as condições de subsuperfície, não foi constatado.

Figura 3 - Massa de Mil Grãos (A), Número de Vagens por Planta (B) e Número de Grãos por Vagem (C) em resposta ao efeito residual de doses crescentes de gesso

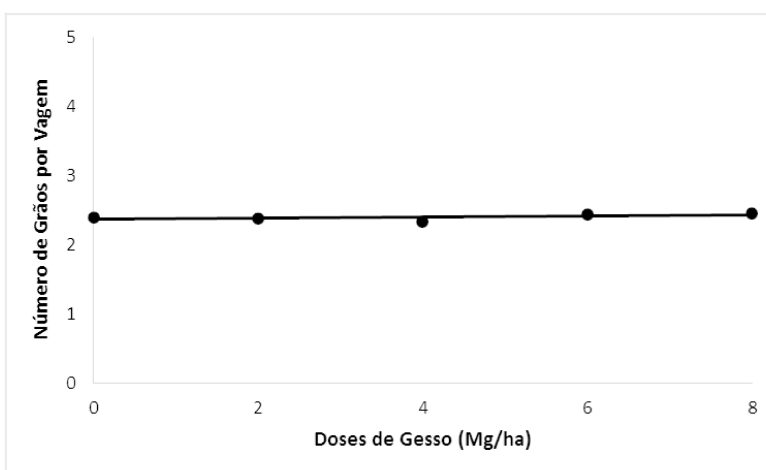
(A)



(B)



(C)



Fonte: Autoria própria (2021)

Em trabalho de Fois *et al.* (2018), os componentes de rendimento e o rendimento de grãos de soja também não foram influenciados pelas doses de gesso.

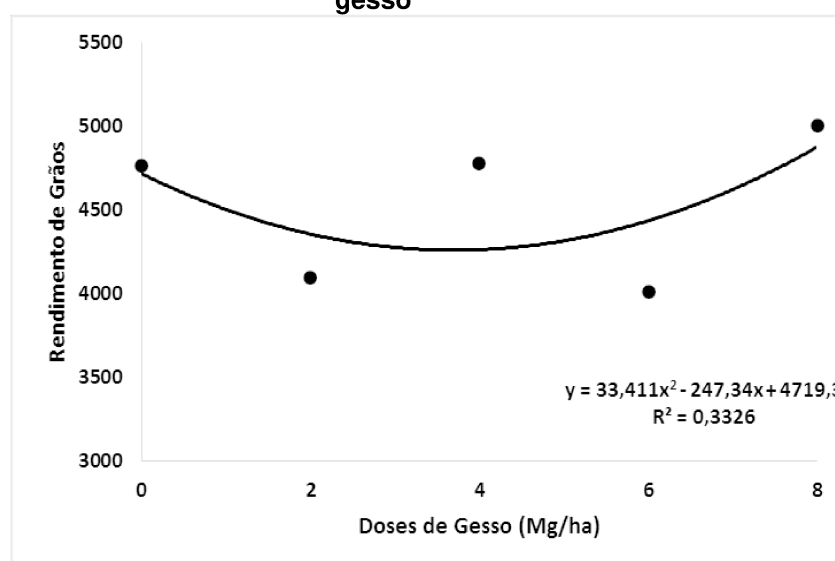
Os autores justificam o resultado pelo fato do solo apresentar uma quantidade suficiente de S nativo vindo da mineralização da matéria orgânica. Mas, também ressaltam que espera-se incrementos de produtividade após três (CAIRES; JORES; CHURKA, 2011) e cinco anos (Sousa *et al.*, 2005), da aplicação de gesso devido ao processo de migração gradual de Ca^{2+} e SO_4^{2-} em subsuperfície.

Em experimento do Caires *et al.* (2003) o gesso contribuiu para a melhoria dos teores de Ca e S na camada superficial, aumentando também a concentração de P tanto na camada superficial como na folha da soja, mas não obtendo aumento na produção. Esses estudos citados, tem em comum, que o déficit hídrico não foi limitante, as chuvas foram regulares durante a condução dos experimentos.

5.2 Rendimentos de grãos de soja

Embora não afetando os componentes de rendimento, a análise de variância demonstrou efeito significativo das doses de gesso sobre o rendimento de grãos de soja (Tabela 1). No entanto, apesar de significativo, o coeficiente de determinação para doses de gesso é muito baixo ($R^2 = 0,3326$), indicando que o gesso explica apenas 33% do rendimento de grãos de soja (Figura 4).

Figura 4 - Rendimento de grãos de soja em resposta ao efeito residual de doses crescentes de gesso



Fonte: Autoria própria (2021)

Conforme a equação de regressão da Figura 4, verifica-se que o menor rendimento de grãos (4261 kg ha^{-1}) foi obtido para a dose de $3,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de gesso, valor muito próximo daquele que seria a recomendação para este solo, conforme Caires; Guimarães (2018). Por sua vez, no tratamento testemunha (sem gesso) obteve-se um rendimento de grãos de soja de 4719 kg ha^{-1} , o qual foi apenas 160 kg ha^{-1} inferior àquele obtido com a dose máxima de gesso (8 Mg ha^{-1}), onde correspondeu um rendimento de 4879 kg ha^{-1} (vide equação de regressão). Esse resultado permite afirmar que o tratamento com gesso, embora significativo, não foi eficiente em trazer ganhos de produtividade de soja nas condições do estudo.

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 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%.

Souza *et al.* (2005) também confirmam um incremento de produtividade na cultura da soja devido a aplicação de gesso, em torno de $0,3 \text{ t ha}^{-1}$ a mais do que no local onde não foi aplicado gesso, mas isso submetido a déficit hídrico na época de floração da cultura da soja.

Por sua vez, Pias *et al.* (2020) destacam que as melhores respostas de soja ao uso do gesso só ocorrem em condições de déficit hídrico e quando a saturação por alumínio, na camada de 0,20-0,40 m, for superior a 10%.

Em estudo realizado num Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa, no município de Serranópolis (GO), onde o sistema plantio direto foi submetido ou não à revolvimento do solo, Neis *et al.* (2010) também não encontraram respostas da soja ao uso de doses de gesso, as quais variaram entre 0 a 6 Mg ha^{-1} . Conforme os autores o resultado se deve ao fato dos teores originais de cálcio e enxofre do solo estarem acima do valor mínimo para recomendação de gesso, além do que a chuva foi bem distribuída ao longo do experimento.

6 CONCLUSÃO

Nas condições do estudo, o gesso agrícola não contribui para melhoria no desempenho da soja, cerca de um ano após a sua aplicação em doses crescentes. Apesar de significativo para produtividade de grãos, o coeficiente de determinação é considerado muito baixo.

Concluiu-se que em condições favoráveis a cultura da soja, especialmente em relação a precipitação pluviométrica, não há aumento de produtividade pela aplicação de gesso agrícola.

REFERÊNCIAS

- ÁGUAS PARANÁ. **Sistema de informações hidrológicas (SIH)**. 2020. Instituto das águas do Paraná. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2020.
- BARROS, M.; *et al.* Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, p. 59–64, abr. 2004. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662004000100009>.
- BRAGA, G. N. M. Gessagem - Antes, Durante ou Após a Calagem? 13 jun. 2013. **Na sala com gismonti Assuntos sobre Agronomia**. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2013/06/gessagem-antes-durante-ou-apos-calagem.html>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- CAIRES, E. F.; *et al.* 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**, v. 27, p. 275–286, abr. 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000200008>.
- CAIRES, E. F.; JORIS, H. a. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45–53, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00310.x>.
- CAIRES, Eduardo F.; GUIMARÃES, A. M. A Novel Phosphogypsum Application Recommendation Method under Continuous No-Till Management in Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 5, p. 1987–1995, 2018. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.11.0642>.
- CASALE, H. Gesso agrícola lixivia nutrientes: há razões para preocupação?, p. 2, [s. d.] .
- CHINELATO, G. **Gessagem: Tudo o que você precisa saber sobre está prática agrícola**. 13 abr. 2018. **Lavoura10**. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/gessagem/>. Acesso em: 20 out. 2020.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2020/21. 2021. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 12 out. 2021.
- DE CASTRO PIAS, O. H.; *et al.* Does gypsum increase crop grain yield on no-tilled acid soils? A meta-analysis. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 2, p. 675–692, 2020. <https://doi.org/10.1002/agj2.20125>.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2000. Disponível em: <https://vendasliv.sct.embrapa.br/liv4/consultaProduto.do?metodo=detalhar&codigoProduto=00083136>. Acesso em: 21 nov. 2021.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS**. 3. ed. Brasília: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/solos/sibcs>. Acesso em: 21 nov. 2021.

FOIS, D. A. F.; *et al.* Resposta da soja ao gesso agrícola em plantio direto no Paraguai. **Revista Ceres**, v. 65, p. 450–462, out. 2018. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865050010>.

KORNDORFER, G. Gesso agrícola. [s. d.]. Disponível em: <https://docplayer.com.br/23751120-Gesso-agricola-instituto-de-ciencias-agrarias-adubos-adubacao-o-que-e-gesso-agricola.html>. Acesso em: 28 out. 2019.

LOPES, A.; GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas. 2000.

MALAVOLTA, E. **Gesso Agrícola: seu uso na adubação e correção do solo**. [S. l.]: Ultrafertil, 1981.

MELO, R. A. A. de; SILVA, D. G. Estudo da viabilidade do uso do fosfogesso como matéria-prima na produção de materiais cerâmicos. **e-xacta**, v. 6, n. 2, p. 13–31, 30 nov. 2013. <https://doi.org/10.18674/exacta.v6i2.928>.

NEIS, L. Gesso agrícola em sistemas de manejo do solo e produtividade de soja na região do sudoeste de goiás. p. 61, 2009.

NEIS, L.; *et al.* Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 409–416, abr. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200014>.

RAMPIM, L.; *et al.* 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, p. 1687–1698, out. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500023>.

ROTH C.H; *et al.* Effects of lime and gypsum applications upon aggregate stability and water infiltration of a typic haplorthox cultivated with coffee. *In*: 11. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. LONDRINA, PR (BRAZIL). 22-25 OCT 1984., 1986. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo** [...]. [S. l.: s. n.], 1986. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Effects+of+lime+and+gypsum+applications+upon+aggregate+stability+and+water+infiltration+of+a+typic+haplorthox+cultivated+with+coffee.&author=Roth+C.H.&publication_year=1986. Acesso em: 21 nov. 2021.

SILVA, N. M. D.; *et al.* Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. **Bragantia**, v. 56, p. 389–401, 1997. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051997000200018>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: [s. n.], 2004.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; MELLO, F. F. de C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e

gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, v. 69, p. 965–974, dez. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400023>.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, E. A. Uso de gesso agrícola nos solos dos cerrados. 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/550796/uso-de-gesso-agricola-nos-solos-dos-cerrados>. Acesso em: 20 nov. 2021.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. Resposta da soja à aplicação de gesso agrícola. 2002.

VELOSO, C. A alta dos preços dos fertilizantes pode estar reduzindo seus lucros. 22 jun. 2021. **Blog Verde.ag**. Disponível em: <https://blog.verde.ag/mercado-agricola/a-alta-dos-precos-dos-fertilizantes-pode-estar-reduzindo-seus-lucros/>. Acesso em: 17 out. 2021.

ZANDONÁ, R. R.; *et al.* Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 128–137, jun. 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4530301>.