

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MURILO FRANCO DONEUX

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SEIS MESES APÓS APLICAÇÃO
DE GESSO EM SUPERFÍCIE NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MURILO FRANCO DONEUX

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SEIS MESES APÓS APLICAÇÃO
DE GESSO EM SUPERFÍCIE NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

MURILO FRANCO DONEUX

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SEIS MESES APÓS APLICAÇÃO
DE GESSO EM SUPERFÍCIE NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2021

Doneux, Murilo Franco

Atributos químicos do solo seis meses após aplicação de gesso em superfície no sistema plantio direto / Murilo Franco Doneux.

Pato Branco. UTFPR, 2021

37 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2021.

Bibliografia: f. 31 – 35

**1. Agronomia. 2. Química do solo. 3. Lixiviação. 4. Correção do subsolo
I. Cassol, Luís César, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Curso de Agronomia. III. Título.**

CDD: 630



TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

Atributos químicos do solo seis meses após aplicação de gesso em superfície no sistema plantio direto

Por

Murilo Franco Doneux

Monografia defendida em sessão pública às 14 horas 00 min. do dia 09 de março de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos Membros a baixo assinado. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Agronomia foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Eng. Agr. Alexandre Friedrich Ribas - PPGAG-PB UTFPR - Mestrando

Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos - UTFPR Campus Pato Branco

Prof. Dr. Luís César Cassol - UTFPR Campus Pato Branco - Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour - Professor responsável TCC 2

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados no SEI-UTFPR da Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus* Pato Branco, após a entrega da versão corrigida do trabalho, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares que, apesar de todas as dificuldades, me apoiaram e me ajudaram na realização de um sonho.

A todos os meus amigos que me incentivaram e me auxiliaram de maneira direta ou indireta nesse período de aprendizagem.

Ao professor orientador por todo apoio, paciência e contribuição para com este projeto, também gostaria de agradecer a instituição por possibilitar a execução desse trabalho na área experimental.

Aos membros da banca pelo apoio e disponibilidade, a todos os professores do curso de agronomia pelos ensinamentos.

A empresa Orion por ter disponibilizado a matéria prima para o estudo.

Enfim, a todos que de alguma forma fizeram parte da minha formação, meu muito obrigado.

RESUMO

DONEUX, Murilo Franco. Atributos químicos do solo seis meses após aplicação de gesso em superfície no sistema plantio direto. 37 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

O gesso agrícola vem sendo utilizado como um condicionador de solo visando proporcionar aumento radicular através da lixiviação de elementos como potássio e magnésio para as camadas mais profundas do solo, diminuição da toxicidade do alumínio, assim como, incremento de cálcio e enxofre no solo e, conseqüentemente, proporcionar lavouras mais resistentes a intemperes climáticos com menos chances de quebras de produtividades. O objetivo desse trabalho foi analisar o efeito das doses crescentes do gesso em relação a sua mobilidade no perfil do solo após seis meses de aplicação, em um Latossolo Vermelho distrófico típico com textura muito argilosa. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos (doses de gesso): 0, 2, 4, 6 e 8 Mg ha⁻¹, aplicadas em superfície e com quatro repetições. Foram feitas as seguintes avaliações: pH-CaCl₂, os teores de Ca, Mg e Al trocáveis, além do K disponível. A aplicação do gesso, depois de seis meses, influenciou significativamente apenas nos teores de Ca, os demais itens não apresentaram mudanças significativas.

Palavras-chave: Química do solo. Lixiviação. Correção do subsolo.

ABSTRACT

DONEUX, Murilo Franco. Soil chemical attributes six months after surface application of gypsum in the no-tillage system. 37 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

Agricultural gypsum has been used as a soil corrective to provide root increase through the percolation of elements such as potassium and magnesium to the deeper layers of the soil, reduction of aluminum toxicity, as well as an increase in calcium and sulfur in the soil, and consequently provide crops that are more resistant to weather conditions with less chance of decreasing productivity. The aim of this study was to analyze the effect of increasing doses of gypsum in relation to its mobility into the soil profile after six months of application, in a Oxisol with a very clayey texture. The experimental design was a randomized block with five treatments (gypsum doses): 0, 2, 4, 6 and 8 Mg ha⁻¹, applied on the surface, with four replications. The following evaluations were made: pH-CaCl₂, the contents of exchangeable Ca, Mg and Al, in addition to the available K. The application of gypsum, after six months of application, significantly influenced only on the levels of Ca the other items did not show significant changes.

Keywords: Soil chemistry. Leaching. Underground correction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm) durante o período de experimento em Pato Branco – PR. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021..... 21
- Figura 2 – pH do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. A regressão, quando apresentada, significa que foi significativa pelo teste F a 5%, para cada profundidade de amostragem. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021..... 24
- Figura 3 – Al^{3+} trocável (A) e saturação por bases (B) do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021..... 25
- Figura 4 – Teor de Ca^{2+} trocável do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. A regressão, quando apresentada, significa que foi significativa pelo teste F a 5%, para cada profundidade de amostragem. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021..... 26
- Figura 5 – Teor de Mg^{2+} trocável do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021..... 28
- Figura 6 – Teor de K^+ trocável (A) e CTC potencial (B) do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021..... 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo, em três camadas, antes do início do experimento. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2021.....	22
--	----

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEBRAPDP	Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	Centrím metro
cmol _c	Centimol de carga
T	Capacidade de troca catiônica
t	Capacidade de troca catiônica efetiva
dm	Decím metro
g	Gram a
ha	Hectare
Kg	Kilogram a
L	Litro
Mg ha ⁻¹	Megagram a por hectare
mmol _c	Milimol de carga
MO	Matéria orgânica
SPD	Sistema plantio direto

LISTA DE SÍMBOLOS

Al^{3+}	Alumínio
Ca^{2+}	Cálcio
CaSO_4	Gesso agrícola
H	Hidrogênio
K^+	Potássio
Mg^{2+}	Magnésio
N	Nitrogênio
P	Fósforo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 USO DO GESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO NA AGRICULTURA.....	16
3.2 FORMULAÇÃO E CRITÉRIOS PARA A APLICAÇÃO DE GESSO.....	18
3.3 EFEITOS DO GESSO SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE SOLO.....	21
4.2 PLANTIO DO MILHO E ANÁLISE DE SOLO SEIS MESES APÓS APLICAÇÃO DE GESSO.....	22
4.3 ANÁLISE DE DADOS.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
6 CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira é reconhecida mundialmente por sua contribuição na produção de alimentos. Na safra 2018/19, foram produzidos 241,9 milhões de toneladas de grãos numa área cultivada de, aproximadamente, 63 milhões de hectares, fazendo do Brasil o terceiro maior país exportador de grãos do mundo (CONAB, 2019). Grande parte dessa produção de alimentos ocorre em cerca de 35 milhões de hectares cultivados sob sistema plantio direto (SPD) (FEBRAPDP, 2020). Somente no estado do Paraná, dos 5,8 milhões de hectares cultivados com soja, milho e feijão, mais de 90% se encontra alicerçado no SPD.

O SPD é caracterizado pelo mínimo revolvimento do solo (somente na linha de semeadura), pela rotação de culturas e pela manutenção dos resíduos culturais sobre a superfície do solo, protegendo-o contra os agentes erosivos (PASSOS, ALVARENGA; SANTOS, 2018).

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 cálcio e de magnésio e a saturação por bases, além de reduzir a acidez potencial na camada superficial do solo (ALLEONI, CAMBRI; CAIRES, 2005; PÖTTKER; BEN, 1998) e também em subsuperfície (DIEHL, MIYAZAWA; TAKAHASHI, 2008), podendo alterar o pH e o teor de alumínio além dos 60 cm de profundidade (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 (dose, granulometria e poder de neutralização), além do clima (precipitação) e das práticas de manejo do solo (rotação de culturas, controle do escoamento da água) que garantam a preservação de uma estrutura de qualidade, aumento no teor de matéria orgânica, são fundamentais para favorecer a atividade de minhocas e outros organismos da fauna do solo responsáveis pela formação de bioporos por onde o calcário pode descer (AMARAL *et al.*, 2004).

Infelizmente, nos últimos anos, alguns agricultores negligenciaram na aplicação destas boas práticas, comprometendo a qualidade do plantio direto e, por consequência, promovendo compactação do solo, perda de matéria orgânica, redução na taxa de infiltração de água, resultando em menor descida física de calcário no perfil do solo, uma vez que este produto apresenta baixa solubilidade e mobilidade no perfil, necessitando de condições adequadas para tal (SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

Como resultado, algumas áreas começaram a apresentar problemas no subsolo (abaixo de 20 cm), 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 (BORGES *et al.*, 1997).

O gesso agrícola (CaSO_4), é um subproduto da produção de fertilizantes fosfatados e tem sido utilizado como condicionador de solos que apresentam média a alta acidez em subsuperfície. Uma das particularidades do gesso é propiciar condições para que alguns nutrientes se movimentem para camadas subsuperficiais do solo, por se tratar de um produto solúvel ($2,5 \text{ g L}^{-1}$), aproximadamente 150 vezes superior ao calcário (MARCHESAN *et al.*, 2017; SORATTO; CRUSCIOL, 2008). Nesse processo os cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+), associados ao radical SO_4^{2-} da superfície do solo, podem se movimentar no perfil do solo atingindo camadas mais profundas, promovendo redução na atividade do Al^{3+} trocável e favorecendo o crescimento do sistema radicular das plantas.

No Sul do Brasil, porém, os efeitos do uso do gesso nem sempre resultam em aumentos de produtividade dos cultivos, especialmente em anos sem ocorrência de déficit hídrico. É importante destacar que o gesso não substitui o calcário, mas sim é uma prática complementar que visa melhorar os aspectos químicos do perfil do solo, fornecendo elementos em profundidade e reduzindo os efeitos nocivos do Al^{3+} (SORATTO, CRUSCIOL; MELLO, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a mobilidade do gesso agrícola no perfil do solo aos seis meses de aplicação de doses crescentes do produto.

2.2 ESPECÍFICOS

Quantificar os atributos químicos do solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm, após seis meses da aplicação de doses crescentes de gesso em Latossolo muito argiloso.

Verificar se o gesso é capaz de promover lixiviação de potássio e de magnésio nas mesmas camadas de solo citadas anteriormente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 USO DO GESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO NA AGRICULTURA

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.

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, melhor facilidade para as plantas absorverem água e nutrientes. Entretanto, no plantio direto esse produto é aplicado sobre a superfície, sem incorporação (CAIRES, BANZATTO FONSECA, 2000), promovendo efeitos apenas superficiais (PAULETTI *et al.*, 2014).

As principais limitações químicas para o crescimento radicular são a toxidez de 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 já instalado (CAIRES; FONSECA, 2000), fazendo com que a aplicação de gesso seja uma alternativa para aumentar o teor de cálcio e diminuir a toxicidade do alumínio em profundidade.

Raízes mais desenvolvidas possibilitam maior resistência ao estresse hídrico, pois, o volume de água disponível se torna maior em camadas mais profundas. Nessa condição ocorre uma maior segurança para os agricultores, principalmente em áreas de sequeiro, resultando em menores perdas de produtividades (VAN RAIJ *et al.*, 1998).

Embora seja uma alternativa para diminuir a toxicidade do alumínio, o gesso não substitui o calcário, pois não altera o pH do solo (VELOSO *et al.*, 1992). O alumínio se liga ao sulfato formando o $AlSO_4^+$, forma química menos tóxica para as

raízes (DIAS, 1992). O ânion sulfato, por sua vez, promove a translocação de elementos das camadas superficiais, como o K e Mg, para as camadas mais profundas (CAIRES *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 1997). Esse aspecto pode ser positivo por proporcionar uma melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo, porém, se altas doses de gesso forem aplicadas, pode promover deficiência desses nutrientes na superfície, o que também não é desejável.

O gesso tem grande mobilidade devido a sua composição química (CaSO_4) não possuir carga, permitindo se mover sem ter a atração pelas cargas do solo e por ser bastante solúvel em água, seu principal agente locomotor para as maiores profundidades.

Em sua composição química, possui cerca de 21% de cálcio e 15,5% de enxofre (FERREIRA *et al.*, 2013). O enxofre, um macronutriente bastante móvel, pode ser perdido por lixiviação, por erosão e pelo próprio consumo da planta, sendo necessária uma adequada reposição ao solo. Além disso, grande parte das formulações NPK, ou o uso de fertilizantes mais concentrados como ureia e superfosfato triplo, não possuem esse elemento em sua composição (SANTOS *et al.*, 1981). Nessas situações a aplicação de gesso pode ser uma boa alternativa para reposição de enxofre no solo.

Embora alguns autores refiram-se ao gesso como fertilizante, outros o titulam como um condicionador de solo (KORNDORFER, 2020). Sua aplicação vem sendo testada em várias situações de climas e de solos diferentes, em alguns casos como em solos salinos ou com baixa precipitação pluviométrica, tem-se observado vários efeitos positivos, em rendimento de culturas e melhoria nas condições químicas do solo (BARROS *et al.*, 2009).

O gesso pode ser aplicado junto com o calcário, no entanto, dependendo da condição, pode reduzir a eficiência dos dois produtos. Recomenda-se a aplicação separada dos produtos em solos muito ácidos ($\text{pH} < 5,0$), pois, o gesso irá encontrar uma grande concentração de alumínio em superfície provocando a reação química antecipada, impedindo que o produto chegue a subsuperfície. Nessa condição, recomenda-se a aplicação do calcário cerca de três meses antes da aplicação do gesso, propiciando as primeiras reações do calcário no solo (CAIRES; GUIMARÃES, 2018).

3.2 FORMULAÇÃO E CRITÉRIOS PARA A APLICAÇÃO DE GESSO

Os principais estudos e análises para recomendação de gesso foram realizados nas regiões do cerrado brasileiro, que possui características distintas de clima e solo comparadas com outras regiões do Brasil.

Segundo Souza, Lobato e Rein (2005) a recomendação é feita a partir de análises de solo, sendo considerada a camada diagnóstica de 20-40 cm de profundidade para culturas anuais. A tomada de decisão sobre a aplicação do gesso é controversa entre autores, sendo os teores de Ca^{2+} e Al^{3+} mais utilizados. Para Souza, Lobato e Rein (2005), a aplicação é necessária quando os teores de Ca^{2+} estão abaixo de $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou saturação por alumínio maior do que 20%. Já Raij (2008) considera necessário quando o teor de Ca^{2+} for menor que $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e a saturação por alumínio maior que 40%.

Em relação a dose de gesso autores como Demattê (2005) e Vitti *et al.* (2008), utilizam uma fórmula visando aumento da saturação por bases em subsuperfície Equação (1).

$$\text{NG (Kg ha}^{-1}\text{)} = ((v1-v2) \times T) / 500 \quad (1)$$

onde: NG = necessidade de gesso, em kg ha^{-1} ; V1 = Saturação por bases esperada (%); V2 = Saturação por bases atual na camada 20-40 cm (%); T = Capacidade de troca catiônica na camada de 20-40 cm;

Já Souza, Lobato e Rein (2005) utilizam teores de argila para calcular a dose, aplicando a Equação (2).

$$\text{Culturas anuais: (Kg ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{Argila (\%)} \quad (2)$$

Caires e Guimarães (2018) realizaram estudos na região sul do Brasil, em Latossolos sob plantio direto, áreas com cultivo de soja, milho, trigo e cevada, utilizando dados computacionais para propor uma nova metodologia de cálculo de gessagem. As análises mostraram que os melhores resultados de produtividade foram quando a saturação por cálcio na capacidade de troca catiônica efetiva (t) da camada de 20 – 40 cm foi em torno de 60%. Sendo assim, é necessário a aplicação de gesso quando a saturação de cálcio na camada de 20-40 cm for inferior a 54% e

sua nova fórmula baseia-se na elevação da saturação por cálcio para 60% da CTC efetiva, conforme a equação (3).

$$NG \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = [(0,6 \times t) - (\text{Teor de Ca (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)})] \times 6,4 \quad (3)$$

Onde: NG = necessidade de gesso, em t ha⁻¹; 0,6 = valor correspondente a 60% de cálcio na CTC efetiva; CTCe = CTC efetiva; 6,4 = quantidade de gesso necessária para elevar 1 cmol_c dm⁻³ de Ca.

3.3 EFEITOS DO GESSO SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

O equilíbrio nutricional no perfil do solo é de grande importância para o desenvolvimento das plantas, proporcionando a disponibilidade de todos os elementos essenciais para um bom cultivo (NACHTIGALL, 2014). Um manejo inadequado, como aplicação excessiva de calcário, pode deixar a superfície do perfil muito básica o que acarreta a indisponibilidade de micronutrientes (RESENDE, 2005).

O gesso agrícola, composto por CaSO₄.2H₂O, contém o ânion SO₄²⁻ que é capaz de formar pares iônicos neutros com cátions, como: K₂SO₄, MgSO₄ e CaSO₄ que devido a sua neutralidade conseguem descer as maiores profundidades (FREIRE, 2007; DIAS, 1992), aumentando a concentração desses elementos no subsolo, proporcionando características nutricionais mais vantajosas para o desenvolvimento radicular. Segundo Dias (1992), os cátions de Ca e Mg translocam em maior quantidade, seguido por K, aumentando a saturação por bases nas grandes profundidades.

Devido a essa translocação de cátions da superfície para as maiores profundidades, a utilização do gesso de forma incorreta pode causar grandes desequilíbrios de nutrientes na superfície, podendo apresentar o deficit principalmente de magnésio e potássio e conseqüentemente diminuição de produtividades. De nada adianta levar esses elementos para as camadas mais profundas, sem a manutenção adequada dos mesmos na camada superficial, ou seja, é necessário um cuidado com as doses de gesso aplicadas no intuito de evitar situações desse tipo.

O tempo de reação dos elementos químicos podem variar de 8 a 55 meses devido as diferentes texturas, taxas de precipitação, manejos de solo. O qual pode ser importante para decidir quando fazer a aplicação desses produtos (CAIRES *et al.*, 2003; NORA, AMADO; GIRARDELLO, 2013; ZAMBROSI, ALLEONI; CAIRES, 2007).

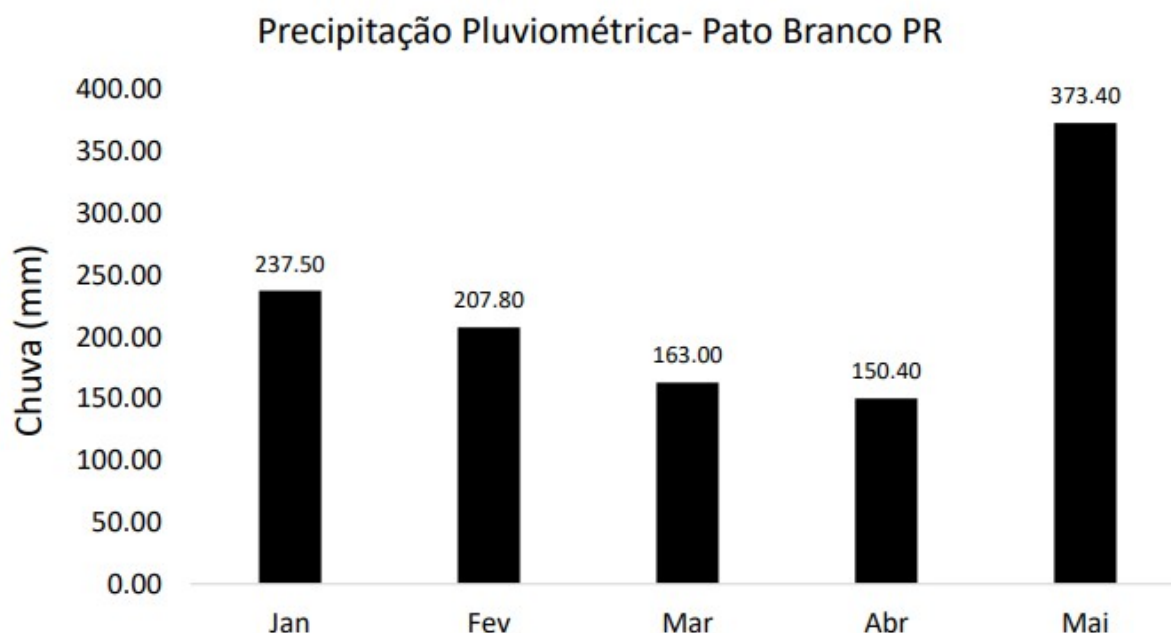
Vários trabalhos relatam a influência do gesso sobre a composição química dos solos. Rampim *et al.* (2011) encontrou em seus estudos que por não ser corretivo de acidez, a adição de até 5 t ha⁻¹ de gesso não influenciou o pH do solo, fato também observado por Caires *et al.* (2006) e Ramos *et al.* (2006). Além disso, Rampim *et al.* (2011) observaram que o gesso proporcionou aumento de cálcio e enxofre nas camadas de 0 a 40 cm, redução do Mg das camadas superficiais e acréscimos de K e Mg na subsuperfície, proporcionando melhores condições para o sistema radicular. Esses resultados foram consistentes com os encontrados por Fologi, Rosolem e Garcia (2006), Silva *et al.* (2006) e Wadt e Wadt (1999) em experimentos com gesso. Nos estudos de Caires, Banzatto e Fonseca (2000), avaliando em um Latossolo Vermelho distrófico, textura média, após aplicação de 12 t ha⁻¹ de gesso em superfície, verificou-se que 60% do S-SO₄ já havia translocado para as camadas abaixo de 80 cm e que apenas pequena quantidade encontrava-se na camada de 0 a 20 cm.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE SOLO

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco (26°10'12" S e 52°40'68" W altitude de 760 m), entre os meses de janeiro a julho de 2019. O clima é classificado como Cfb segundo a classificação de Köppen e Geiger. A média anual de pluviosidade é de 1.947 mm, com chuva moderada e distribuída o ano todo. As condições de precipitação durante o período experimental estão descritas na figura 1.

Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm) durante o período de experimento em Pato Branco – PR. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2021.



O solo é oriundo de rochas basálticas, com textura muito argilosa e do tipo Latossolo Vermelho Distrófico Típico (SANTOS, 2018). Nesse local, antes do início do experimento, havia palhada de aveia cultivada no inverno de 2018. Para caracterização química da área, antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de solos e realizada a análise química dos mesmos, cujos resultados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do solo, em três camadas, antes do início do experimento. UTFPR, *Campus Pato Branco* – PR, 2021.

Cama	pH	MO	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	K⁺	P	V	m
da			----- cmol _c dm ⁻³ -----						---- % ----	
cm	CaCl₂	g dm⁻³					mg dm⁻³			
0-10	4,7	42,9	3,3	2,2	0,05	6,21	0,50	7,2	49,1	0,8
10-20	4,4	40,2	1,9	2,1	0,45	7,20	0,20	2,4	36,8	9,7
20-40	4,4	32,2	2,0	1,8	0,39	6,69	0,18	1,3	37,3	8,9

MO = matéria orgânica; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

Com os resultados da análise de solo, verificou-se a necessidade de calagem a fim de elevar a saturação por bases para 60%. A calagem foi realizada com noventa dias de antecedência a implantação do experimento, utilizando-se calcário dolomítico com 28,6% de CaO, 20,1% de MgO e PNRT de 88%, na dose de 2,2 Mg ha⁻¹. Tanto a gessagem quanto a calagem foram feitas a lanço e sem incorporação.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada parcela com 3,75 m de largura e 8 m de comprimento, totalizando 30 m². Os tratamentos consistiram em cinco doses de gesso (0, 2, 4, 6 e 8 Mg ha⁻¹) aplicadas em superfície, dois dias antes da semeadura do milho. As doses foram definidas através da equação proposta por Caires e Guimarães (2018) (Equação 3), 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 (Tabela 1). A dose recomendada calculada foi de 4 Mg ha⁻¹. Foram adicionadas duas doses acima e duas doses abaixo do recomendado para compor os tratamentos.

4.2 PLANTIO DO MILHO E ANÁLISE DE SOLO SEIS MESES APÓS APLICAÇÃO DE GESSO

A semeadura do milho de segunda safra foi realizada no dia 10 de janeiro de 2019. A cultivar utilizada foi 2A401 (DOW AGROCIENCE), caracterizada por precocidade e elevada produtividade. O espaçamento utilizado foi de 0,7 m, com uma população final de 60.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base (08-20-20) foi realizada em sulco na semeadura na quantidade de 350 kg ha⁻¹. Foram realizadas

duas aplicações de cobertura de ureia, aos 11 e 32 dias após a semeadura (DAS), na quantidade de 76,7 kg de N ha⁻¹ e 103,5 kg de N ha⁻¹ respectivamente.

No dia 05 de julho de 2020, após a colheita do milho, com seis meses após a aplicação do gesso, foi realizada a coleta de solo nas entrelinhas de plantio em todas as unidades experimentais, nas profundidades de: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm. Foram avaliados o pH (CaCl₂), teores de Ca, Mg e Al trocáveis, além do K disponíveis, conforme metodologia descrita em Pavan *et al.* (1992).

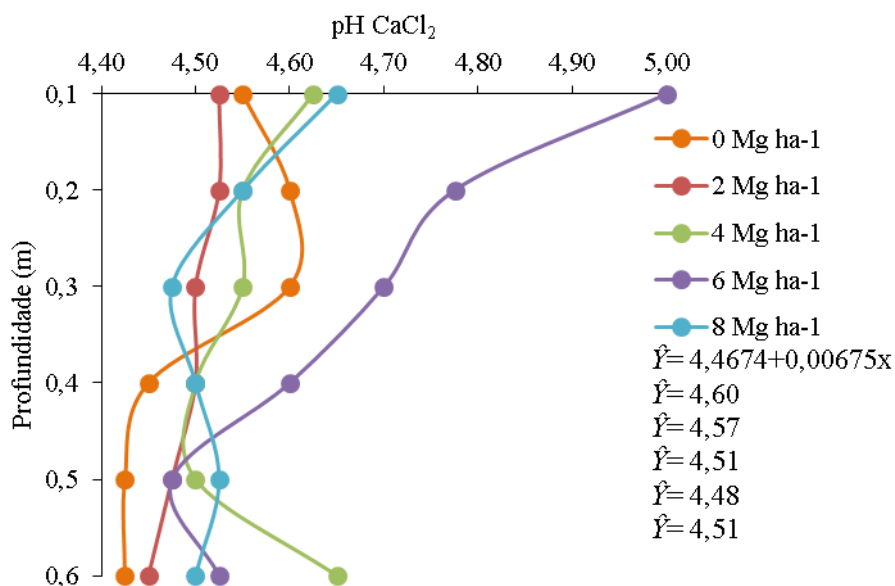
4.3 ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando observada significância para o efeito dos tratamentos (doses de gesso), foi procedida a análise de regressão à 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação de gesso alterou o pH do solo apenas na camada superficial (0-10 cm), promovendo um aumento linear aos 6 meses após a sua aplicação (Figura 2). No entanto, para cada Mg ha^{-1} de gesso aplicado ocorre um aumento proporcional no pH no valor de 0,00675, ou seja, seria necessário a aplicação de 148 Mg ha^{-1} de gesso para elevação de uma unidade de pH no solo.

Figura 2 – pH do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. A regressão, quando apresentada, significa que foi significativa pelo teste F a 5%, para cada profundidade de amostragem. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2021.



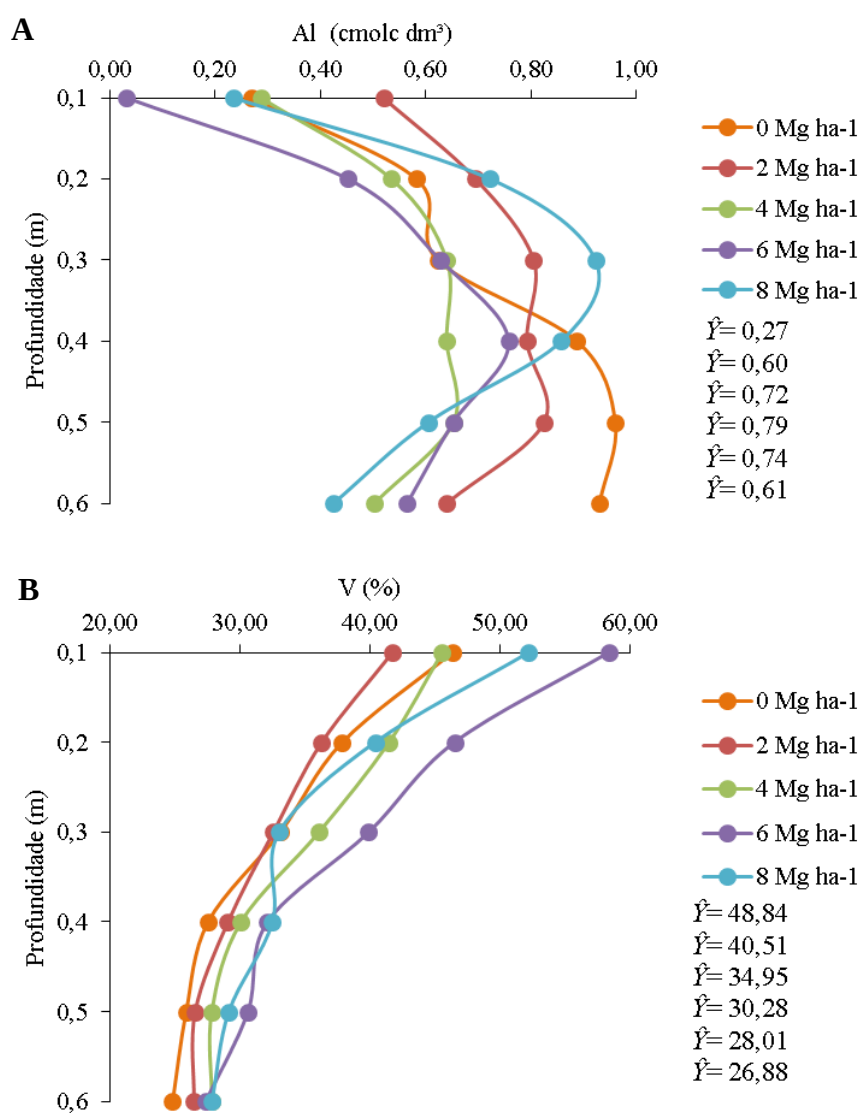
O gesso não é corretivo de acidez, pois uma vez adicionado ao solo não promove a liberação de OH^- . Vale destacar, que além do aumento ter sido pequeno, a regressão apresentada, embora significativa, apresentou um r^2 de 31%, portanto um valor baixo para explicar qualquer efeito do gesso sobre o pH.

Pelo fato de sua reação no solo não liberar íons hidroxila ou carbonato não se espera alteração do pH do solo em mais do que 0,3 unidades, mesmo quando o gesso for aplicado em altas doses (MEURER, BISSANI; CARMONA, 2017). Fato que ocorreu no presente trabalho, onde a alteração do pH ocorreu apenas na camada superficial do solo em torno de 0,35 unidades.

Não houve efeito do calcário aplicado 90 dias antes da aplicação do gesso. Considerando a camada diagnóstica de 0-20 cm, na média das cinco doses de gesso, o valor de pH foi de 4,6, muito próximo do valor original do solo (Tabela 1), antes da aplicação do calcário. É possível que tenha ocorrido um efeito tamponante elevado, impedindo a elevação do pH com a dose de calcário aplicada e que foi de $2,2 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Apesar do efeito sobre o pH do solo na camada superficial, as doses de gesso não afetaram outros parâmetros de acidez do solo, como o Al^{3+} trocável e a saturação por bases (Figura 3).

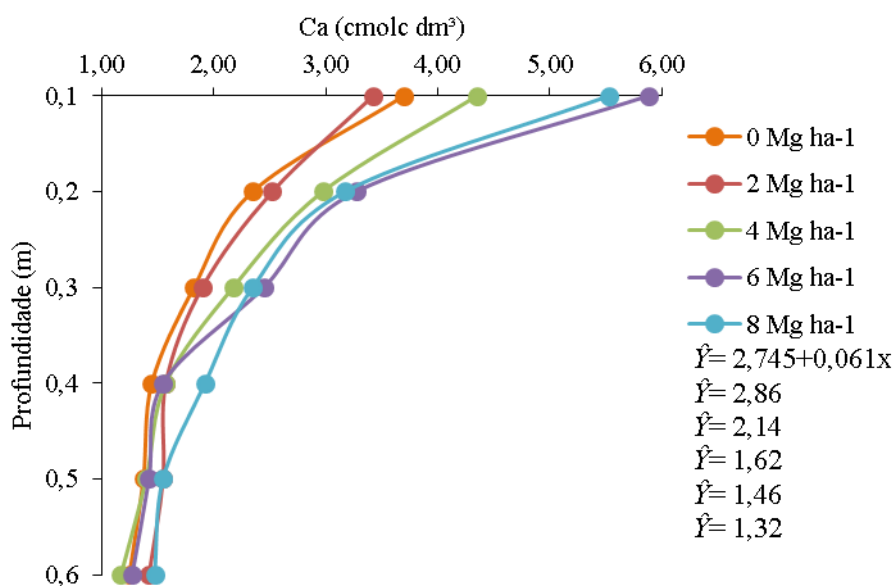
Figura 3 – Al^{3+} trocável (A) e saturação por bases (B) do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021.



Conforme esperado para sistema plantio direto, os teores de Al aumentaram com a profundidade, com conseqüente redução na saturação por bases. Os valores deste confirmam que a aplicação de calcário não causou nenhum efeito, pois na média na camada de 0-20 cm os valores de V% foram de 44,7%, enquanto que antes da aplicação este valor era de 42,9% (Tabela 1).

Mesmo sem ter afetado a saturação por bases, a aplicação do gesso contribuiu para um aumento linear de cálcio na camada superficial do solo (0-10 cm) (Figura 4). De acordo com o coeficiente angular da equação de regressão, para ocorrer aumento de $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} é necessário a aplicação de 16 Mg ha^{-1} de gesso, caracterizando o alto poder de tamponamento deste solo, principalmente pelos elevados teores de argila e de matéria orgânica.

Figura 4 – Teor de Ca^{2+} trocável do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. A regressão, quando apresentada, significa que foi significativa pelo teste F a 5%, para cada profundidade de amostragem. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021.



O aumento de cálcio na superfície do solo é explicado pela presença do elemento na composição do gesso, já que o produto se trata de CaSO_4 , contendo em torno de 21% de cálcio. Maior acúmulo de cálcio nos primeiros 10 cm de solo, em razão de sua baixa mobilidade no perfil do solo, também foi observado por Pauletti *et al.* (2014), aos 36 meses após a aplicação de doses crescentes de gesso (0 a 12 Mg ha^{-1}). No entanto, esses mesmos autores destacam que quanto maior o período entre a aplicação do gesso e a análise do solo, mais pronunciado tenderá a

ser o efeito. Caires *et al.* (1998), em estudo avaliando os efeitos do gesso em cultivo sem preparo do solo, observaram um aumento nos teores de cálcio em todas as profundidades do perfil, além da lixiviação de outras bases, como magnésio e potássio. Esses efeitos já foram observados após oito meses da aplicação do gesso na dose de 12 Mg ha⁻¹. Nos estudos de Nolla *et al.* (2013) e Zandoná *et al.* (2015) os autores observaram resultados semelhantes avaliando os efeitos da gessagem em Latossolos Vermelhos sob produção de grãos, onde esse corretivo além de diminuir os teores de alumínio proporcionou melhor distribuição dos macronutrientes Ca e Mg no perfil do solo.

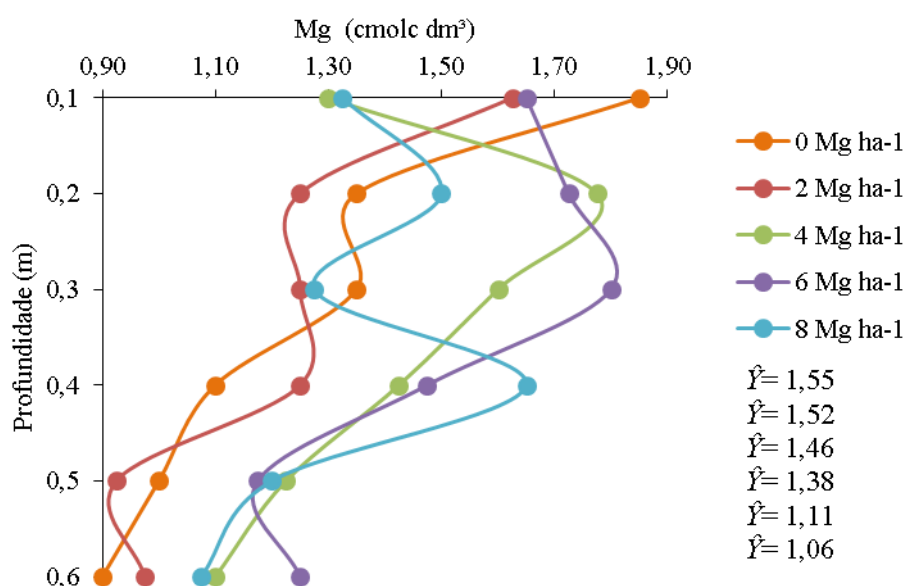
Na Figura 3, é possível observar que este solo apresenta valor de Ca²⁺ inferior a 2 cmol_c dm⁻³, considerado alto (NEPAR/SBCS, 2019), apenas nas camadas de solo abaixo de 30 cm de profundidade. Mesmo até 60 cm de profundidade os valores observados podem ser considerados médios, não se constituindo num limitante ao desenvolvimento do sistema radicular, uma vez que valores de cálcio em subsuperfície acima de 0,4 cmol_c dm⁻³ são considerados adequados para o desenvolvimento das plantas (SPIRONELLO *et al.*, 1997).

No caso do Mg, a aplicação de gesso não proporcionou qualquer efeito no perfil do solo (Figura 5). Apesar de não significativo as maiores doses de gesso (≥ 4 Mg ha⁻¹) proporcionaram maiores valores de Mg abaixo de 30 cm de profundidade, podendo caracterizar um possível efeito do gesso sobre a lixiviação desse elemento.

A lixiviação do Mg em decorrência da aplicação de gesso comumente é encontrada na literatura. Com 36 meses após a aplicação de doses de gesso, Pauletti *et al.* (2014) observaram deslocamento do Mg da camada de 0-10 para a camada de 10-20 cm de solo, ficando ainda mais evidente a descida do Mg na avaliação realizada 72 meses após a aplicação do gesso, corroborando com os resultados encontrados por Rampim *et al.* (2011) e Nava *et al.* (2012).

No presente trabalho, a avaliação realizada apenas seis meses após a aplicação do gesso pode explicar a ausência de resultado em questão da lixiviação de Mg no perfil do solo. Saldanha (2007) estudando os efeitos do gesso em latossolo, também não observaram lixiviação do Mg, atentando-se às doses utilizadas, o maior valor foi de 6,96 t ha⁻¹, valor similar à dose máxima utilizada no presente trabalho.

Figura 5 – Teor de Mg^{2+} trocável do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. UTFPR, Campus Pato Branco, 2021.

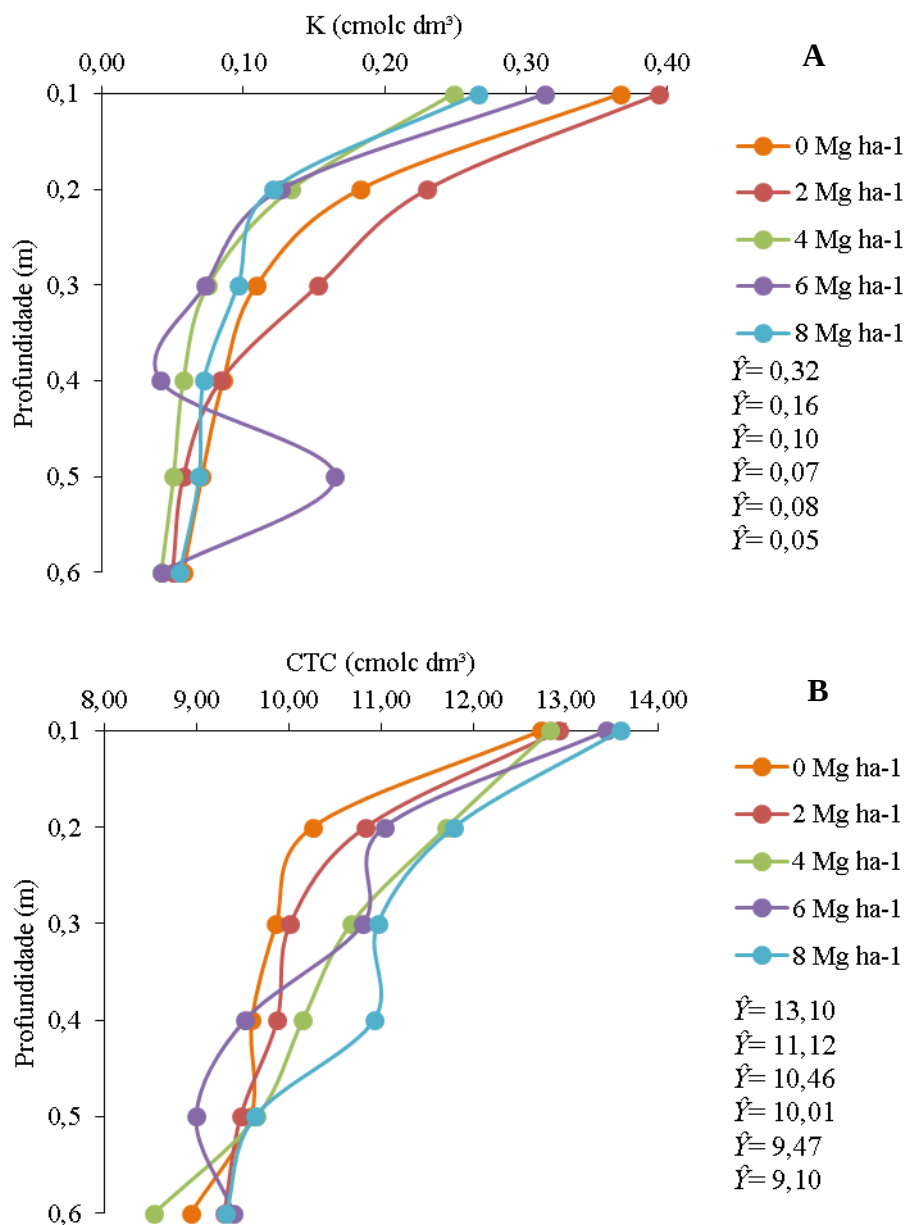


Vale ressaltar, que a lixiviação de Mg em função da aplicação do gesso, pode trazer problemas de deficiência deste nutriente para as plantas. Por conta disso, deve-se atentar a dose utilizada, de forma a evitar a manifestação do problema.

Os valores de K (Figura 6a), bem como a CTC do solo (Figura 6b), também não foram influenciados pelas doses de gesso nas seis camadas avaliadas. A ausência de resposta da maioria dos resultados pode estar relacionada com o tempo de aplicação do gesso agrícola, onde os seis meses não foram suficientes para ocorrer a reação total do produto.

Diferentemente do Mg, a lixiviação de K nem sempre é observada nos diferentes trabalhos de literatura. Rampim *et al.* (2011) constataram descida dos dois elementos, porém Pauletti *et al.* (2014) tanto aos 36 quanto aos 72 meses após a aplicação do gesso, não observaram movimentação de K em profundidade, resultado semelhante ao observado neste trabalho.

Figura 6 – Teor de K^+ trocável (A) e CTC potencial (B) do solo seis meses após a aplicação superficial de gesso em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa. UTFPR, *Campus Pato Branco*, 2021.



6 CONCLUSÕES

Após 6 meses de aplicação o gesso não apresentou mobilidade no perfil do solo.

O gesso disponibilizou cálcio na superfície, porém sua mobilidade no perfil de solo foi baixa, alterando sua concentração apenas na camada de 0-10 cm.

A saturação por bases e por alumínio, bem como os teores de potássio e de magnésio não foram afetados pela aplicação do gesso.

O gesso agrícola não promoveu a lixiviação de potássio e de magnésio, para as camadas mais profundas, durante o período do estudo

REFERÊNCIAS

ALLEONI, Luis Reynaldo Ferracciu; CAMBRI, Michel Alexandro; CAIRES, Eduardo Favero. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 923–934, dez. 2005. ISSN 0100-0683.

AMARAL, A. S. *et al.* 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.

BARROS, Maria de Fátima Cavacanti *et al.* Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salínico-sódico cultivado com feijão-caupí. **Revista de biologia e ciência da terra**, v. 9, n. 1, p. 77–82, 2009.

BORGES, Elias Nascentes *et al.* Efeito de calcário e gesso nos teores de cálcio e alumínio da camada compactada em Latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1309–1315, 1997.

BORTOLINI, Diego *et al.* Surface applied lime dynamics and base saturation index in a consolidated no-tillage area. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 4, p. 473, fev. 2017. ISSN 2177-5133, 2176-9079.

CAIRES, Eduardo Fávero *et al.* Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 27–34, mar. 1998.

CAIRES, Eduardo Fávero; GUIMARÃES, Alaine M. A novel Phosphogypsum application recommendation method under continuous no-till management in Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 5, p. 1987–1995, set. 2018. ISSN 00021962.

CAIRES, Eduardo Fávero *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, n. 2, p. 275–286, abr. 2003.

CAIRES, Eduardo Fávero *et al.* Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 87–98, fev. 2006.

CAIRES, Eduardo Fávero; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p.161–169, mar. 2000.

CAIRES, Eduardo Fávero; FONSECA, Adriel Ferreira Da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 213–220, 2000.

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.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos-safra 2019/20**. Brasília, 2019.

COSTA, Claudio Hideo Martins *et al.* Gessagem no sistema plantio direto. **Journal of agronomic sciences**, v. 4, n. 1, p. 201–215, 2015.

DEMATTE, José Luiz Loriatti. **Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Piracicaba, 2005. 24 p.

DIAS, Luiz Fernando. **Uso do gesso como insumo agrícola**. Seropédica, 1992.

DIEHL, Raquel Cátia; MIYAZAWA, Mario; TAKAHASHI, Hideaki Wilson. Compostos orgânicos hidrossolúveis de resíduos vegetais e seus efeitos nos atributos químicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 2653–2659, dez. 2008.

FEBRAPD. **Sistema plantio direto: os pilares do equilíbrio**. Disponível em: <https://febrapd.org.br/noticias/680/sistema-plantio-direto-os-pilares-do-equilibrio>. Acesso em: 20 Jan. 2021.

FERREIRA, Ademir De Oliveira *et al.* Mudança no conteúdo de carbono e cálcio em Latossolo melhorado por gesso e calcário no Rio Grande do Sul. **Ciencia del suelo**, v. 31, n. 1, p. 13, 2013.

FOLONI, José Salvador Simoneti; ROSOLEM, Ciro Antonio; GARCIA, Rodrigo Arroyo. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão: II - Concentração de cátions e ânions na solução do solo e absorção de nutrientes pelas plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 433–442, jun. 2006.

FREIRE, Fernando José. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola da cana-de-açúcar no estado do Pernambuco, Brasil. **Anais da academia pernambucana de ciência agrônômica**, v. 4, n. 1, p. 15, 2007.

KORNDORFER, Gaspar H. **Gesso agrícola**. Uberlândia, 2020.

MARCHESAN, Enio *et al.* Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, v. 47, n. 11, p. 7, nov. 2017.

MEUER, E. J.; BISSANI, C. A.; CARMONA, F.C. Solos ácidos e solos afetados por sais. In:____. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Meuerégon José, 2017. cap. 6, p. 155–175.

- 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.
- NACHTIGALL, Gilmar R. **Nutrição mineral de plantas**. Bento Golçalvez, 2014.
- NAVA, Gilberto *et al.* Composição do solo e estado nutricional da macieira alterados pela adição de gesso. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 36, n. 1, p. 215–222, 2012.
- NEPAR/SBCS. **Núcleo estadual do Paraná/Sociedade brasileira de ciência do solo**. Disponível em: <https://sbc-s-nepar.org.br>. Acesso em: 20 Jan. 2021.
- NOLLA, Antonio *et al.* Potencialidade de reação de corretivos, fertilizantes e do gesso agrícola em um latossolo vermelho distroférico típico. **Journal of agronomic sciences**, v. 2, n. 1, p. 136–143, 2013.
- NORA, Douglas Dalla; AMADO, Telmo Jorge Carneiro; GIRARDELLO, Vitor Cauduro. Gesso: Alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. **Revista plantio direto**, v. 2, n. 1, p. 14, 2013.
- PAGANI, Augustín; MALLARINO, Antonio 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.
- PASSOS, Alexandre Martins Abdão; ALVARENGA, Ramon Costa; SANTOS, Flávia Cristina. Sistema plantio direto. In:____. **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília: Embrapa, 2018. cap. 3, p. 62–99.
- PAULETTI, Volnei *et al.* Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 495–505, abr. 2014.
- PAVAN, M. A. *et al.* **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, 1992.
- POTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 675–684, dez. 1998.
- RAIJ, B. Van *et al.* Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 101–108, mar. 1998.
- RAIJ, Bernardo Van. **Gesso na agricultura**. Campinas, 2008.

- RAMOS, Lucélia Alves *et al.* Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 849–857, out. 2006.
- RAMPIM, Leandro *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, n. 5, p. 1687–1698, out. 2011.
- RESENDE, Álvaro Vilela. **Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade utilização e perspectivas**. Planaltina: CETEM, 2005.
- RIOS, Luciana Conceição *et al.* lixiviação de cálcio, magnésio e potássio em colunas de um latossolo amarelo distrófico textura média, de Luiz Eduardo Magalhães - BA, em resposta a doses de óxido de magnésio combinadas com gesso. In: EMBRAPA SOLOS, I. Rio de Janeiro, 2008.
- SALDANHA, Eduardo César Medeiros. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **REVISTA CAATINGA**, v. 20, n. 1, p. 36–42, out 2007.
- SANTOS, Hélio Lopes *et al.* **Correção e adubação de solo**. Belo Horizonte, 1981.
- SANTOS, Humberto Gonçalves *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2018.
- SILVA, Carlos E. M. *et al.* Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 503–512, dez. 2006.
- SILVA, Nelson Machado da *et al.* Efeito do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. **Bragantia**, v. 56, n. 2, p. 389–401, 1997.
- SORATTO, Rogério Peres; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 675–688, abr. 2008.
- SORATTO, Rogério Peres; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa; MELLO, F. F. 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, n. 4, p. 965–974, 2010.
- SOUSA, Djalma Gomes; LOBATO, Edson; REIN, Thomaz. **Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina, 2005.
- SPIRONELLO, Ademar *et al.* Avaliação agrotecnológica e do ciclo de variedades de abacaxizeiro, em duas densidades, em Votuporanga (SP). **Bragantia**, v. 56, n. 2, p. 343–355, 1997.

VELOSO, C. A. C. *et al.* Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, v. 49, n. 1, p. 123–128, 1992.

VITTI, Gosofredo César; PRIORI, Júlio César. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao plantio direto. **Revista visão agrícola**, v. 1, n. 9, p. 30–34, 2009.

WADT, Paulo Guilherme Salvada; WADT, Lúcia Helena de Oliveira. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo vermelho-amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1157–1164, 1999.

ZAMBROSI, F. C. B; ALLEONI, Luis Reynaldo Ferracciu; CAIRES, Eduardo Fávero. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.37, n. 1, p. 110 – 117, 2007.

ZANDONÁ, Renan Ricardo *et al.* Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 45, n. 2, p. 128–137, 2015.