

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO NA
PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA NO SISTEMA
PLANTIO DIRETO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Renan Ricardo Zandoná

**Itaqui, RS, Brasil
2013**

RENAN RICARDO ZANDONÁ

**GESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO
E SOJA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Itaqui, RS, Brasil
2013

Zandoná, Renan Ricardo
Gesso agrícola e calcário na produtividade de milho e soja no sistema plantio direto /
Renan Ricardo Zandoná.
39 p.

^{27g} Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa,
BACHARELADO EM AGRONOMIA, 2013.
"Orientação: Amauri Nelson Beutler".

1. Acidez do solo. 2. Rendimento. 3. Zea mays. 4. Glycine max. L.. I. Título.

RENAN RICARDO ZANDONÁ

**TÍTULO: GESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO NA PRODUTIVIDADE DE
MILHO E SOJA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 04 de outubro de 2013.
Banca examinadora:

Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dra. Vanessa Neumann Silva
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Guilherme Ribeiro
Curso de Agronomia – UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Claudemir Luis Zandoná e Lenir Giroto Zandoná e a minha irmã, Claudiane Zandoná que possibilitaram a realização desse sonho e foram os maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTO

A Deus por tudo que tenho em minha vida e pelas oportunidades que me foram concedidas.

Ao Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler, pela dedicada atenção e orientação no presente estudo, pelo companheirismo e aprendizado no período em que eu realizei o curso de Agronomia.

A minha família em especial Pai, Mãe e Irmã que confiaram e investiram em mim.

Ao meu pai Claudemir Luiz Zandoná, pela colaboração, participação, ajuda e por ter concedido a área experimental para a realização deste estudo.

A minha mãe Lenir Giroto Zandoná, pela confiança, ajuda, apoio e carinho, e por ser a principal responsável e a maior incentivadora para a realização desse curso.

A minha namorada Caroline Farias, por toda ajuda e compreensão, companheirismo, paciência, apoio e incentivo incessante durante a realização do trabalho e do curso.

A COLHEITA de Barra Funda, pelo apoio, confiança e auxílio durante a realização do estudo.

A Universidade Federal do Pampa (Unipampa), por possibilitar a realização do curso.

Ao grupo de física de solos pela colaboração, companheirismo, e pelo auxílio na realização do trabalho.

A todos os professores desta conceituada instituição que participaram e contribuíram com a minha formação.

A todos os colegas de curso, que durante o decorrer dos anos se tornaram grandes amigos.

Ao meu tio Alcindo Zandoná, por ter concedido a área experimental para a realização do experimento.

Agradeço também a todos que de uma forma ou outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!!!!

EPÍGRAFE

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

GESSO AGRÍCOLA E CALCÁRIO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Autor: Renan Ricardo Zandoná

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Local e data: Itaquí, 04 de outubro de 2013.

O trabalho teve o objetivo de avaliar a influência da aplicação de gesso agrícola, sem e com calcário, nos atributos químicos do solo e na produtividade de milho e soja no sistema plantio direto. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos para o milho e inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2 para soja, e quatro repetições. Os seis tratamentos foram as doses de gesso agrícola: 0, 0,5, 1, 2, 4 e 8 t ha⁻¹, em área com a aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário e uma testemunha sem calcário e sem gesso para o milho e, sem e com aplicação de calcário para a soja. Foram avaliadas as características químicas do solo e produtividade de milho e soja. O gesso agrícola aumentou a produtividade de grãos de milho e de soja, com maior intensidade até a dose de 2 t ha⁻¹, com 9,3% para o milho e 11,3 e 11,4% para soja, sem e com calcário, respectivamente. O calcário não aumentou a produtividade de milho, porém aumentou a produtividade de soja.

Palavras-chave: Acidez do solo, rendimento, *Zea mays*, *Glycine max*.

ABSTRACT

GYPSUM AND LIME IN CORN AND SOYBEAN YIELD IN NO-TILL SYSTEM

Author: Renan Ricardo Zandoná

Advisor: Amauri Nelson Beutler

Data: Itaqui, October 04, 2013.

The study aimed evaluate the influence of gypsum application, with and without lime, in soil chemical properties and corn and soybean yield in no-till system. The experimental design was completely randomized with six treatments for corn and completely randomized in a 6 x 2 factorial for soybeans, with four replications. The six treatments were levels of gypsum: 0, 0.5, 1, 2, 4 and 8 t ha⁻¹ in area with application of 2 t ha⁻¹ of lime and one treatment without gypsum and lime to corn, with and without application of lime for soybean. Were evaluated soil chemical characteristics and yield of corn and soybeans. The gypsum increased grain yield of corn and soybean, with greater intensity to the rate of 2 t ha⁻¹, with 9.3% for corn and 11.3 and 11.4% for soybeans, with and without lime, respectively. The lime did not increase corn yield, but increased soybean yield.

Keywords: Soil acidity, yield, *Zea mays*, *Glycine max*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Precipitação pluviométrica na área durante o experimento, safra 2012/2013	16
Figura 2: Análise química do solo após a aplicação de gesso e calcário na cultura do milho	20
Figura 3: Análise química do solo após a colheita da cultura da soja. A – com aplicação de gesso e sem aplicação de calcário; B – com aplicação de gesso e calcário.....	21
Figura 4: Análise química do solo após a colheita da cultura da soja. A – com aplicação de gesso e sem aplicação de calcário; B – com aplicação de gesso e de calcário.....	22
Figura 5: Produtividade de grãos de milho em função da dose de gesso	26
Figura 6: Produtividade de grãos de soja em função da dose de gesso e calcário.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Culturas rotacionadas nos últimos cinco anos	17
Tabela 2: Análise química do solo antes da aplicação do calcário e do gesso para a cultura do milho e da soja.....	17
Tabela 3: Produtividade de grãos de milho sem e com aplicação de calcário e sem gesso	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1 Efeitos do gesso nos atributos químicos do solo	19
3.2 Efeitos do gesso na produtividade de milho e soja	25
4 CONCLUSÃO	29
5 REFERÊNCIAS	30
6 ANEXOS	35

1 INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) foi introduzido no Brasil a partir da década de 70, visando garantir a sustentabilidade da agricultura em áreas ameaçadas pela degradação do solo (LOPES et al., 2004). O Brasil é um dos países que tem maior área agrícola cultivada no SPD, sendo 31,8 milhões de hectares, que corresponde a mais da metade da área agrícola do país. No Estado do RS, mais de 80% da área é cultivada em SPD (FEBRAPDP, 2012), com destaque às culturas de milho e soja, pela maior facilidade de adaptação, manejo do SPD e pelo valor econômico dessas culturas.

O SPD é um sistema de manejo utilizado para minimizar os processos de degradação do solo, pois não há revolvimento do solo, exceto no sulco de semeadura, são utilizadas coberturas vegetais, fertilizantes e corretivos na superfície, promovendo alterações na fertilidade do solo na camada superficial (MASCHIETTO, 2009). Dessa forma, o SPD tende a formar uma superfície quimicamente enriquecida e outras camadas com deficiência e toxidez de alguns elementos (DALLA NORA et al., 2013). Por consequência, torna-se necessário a adoção de tecnologias adequadas de manejo da fertilidade do solo no SPD.

Em relação à fertilidade do solo, a acidez é um dos fatores mais limitantes da produtividade das culturas no mundo, pois ocorre deficiência de cálcio (Ca) e toxidez de alumínio (Al) (FAGERIA, 2001). Os solos nas regiões tropicais e subtropicais são normalmente ácidos e apresentam altos teores de Al trocável (CIOTTA et al., 2004). Para a correção da acidez, a calagem é a principal prática utilizada, visto que com a aplicação de calcário adiciona-se Ca, magnésio (Mg), eleva-se o pH do solo e neutraliza-se o Al tóxico, proporcionando condições favoráveis para o crescimento do sistema radicular, absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Porém, no SPD a calagem é realizada em superfície, sem incorporação, e parcelada ao longo dos anos (DALLA NORA et al., 2013), promovendo efeitos apenas superficiais por causa da baixa solubilidade do calcário e dos produtos de sua reação no solo (RAMPIM et al., 2011). Em razão disso, a calagem superficial não apresenta um efeito rápido na redução da acidez do subsolo (CAIRES et al., 2003; ERNANI et al., 2004). A acidez nas camadas subsuperficiais, em casos de deficiência de Ca^{2+} e/ou toxidez de Al^{3+} , comprometem o crescimento e penetração do sistema radicular e a nutrição das plantas, deixando a planta susceptível ao estresse hídrico (MASCHIETTO, 2009, CAIRES, 2012). Fato que ocorre com frequência no estado do RS, a exemplo da safra 2011/2012 em que o déficit hídrico foi

intenso e reduziu mais de 50% a produtividade de grãos de soja em vários locais (FEBRAPDP, 2012).

Desta forma, quando ocorrem subsolos ácidos com baixo conteúdo de Ca^{2+} ou alto teor de Al^{3+} , o crescimento do sistema radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas podem ser comprometidos em condições de deficiência hídrica. Para melhorar o crescimento radicular em profundidade e minimizar o efeito prejudicial do déficit hídrico, pode ser feita a correção do subsolo ácido por meio da calagem profunda, porém, necessita de revolvimento do solo, razão pela qual não é realizada em áreas de SPD (CAIRES et al., 1999, PIRES et al., 2003). Contudo segundo Caires et al. (2008) a reaplicação de calcário na superfície do solos em áreas com o pH corrigido com a calagem superficial, pode facilitar a movimentação do calcário em direção ao subsolo e assim melhorar o pH do perfil do solo.

Por outro lado, o uso do gesso agrícola pode ser uma alternativa para melhorar o ambiente e as condições para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas no subsolo em SPD, mas ainda existem muitas dúvidas com relação às condições em que se pode aplicar e esperar efeitos favoráveis nos rendimentos das culturas (CAIRES, 2012). A aplicação de gesso agrícola é realizada para reduzir a toxicidade do Al^{3+} e aumentar o teor de Ca^{2+} em profundidade (DALLA NORA et al., 2013).

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um subproduto industrial de fertilizantes fosfatados. É comumente chamado de fosfogesso, contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo (P) e flúor (F) (CAIRES, 2012). O gesso agrícola é obtido pela reação de ácido sulfúrico sobre a rocha fosfatada, com a finalidade de se produzir ácido fosfórico (MASCHIETTO, 2009). No Brasil, são produzidos aproximadamente 4,8 milhões de toneladas anualmente de gesso agrícola (LYRA SOBRINHO et al., 2002).

O gesso agrícola contém 14% a 16% de enxofre (S) e 19% a 27% de Ca^{2+} na forma de sulfato de cálcio (CaSO_4). Além do Ca e do S, o P é um elemento que também está presente no gesso em menores concentrações (0,7 a 0,9% de P_2O_5), sendo considerados como impureza (CAIRES, 2012). Além disso, o gesso é um sal neutro que não afeta diretamente a reação do solo e pode ser aplicado na superfície, pois se movimenta no perfil de solo pela ação da água da chuva ou da irrigação, cerca de 150 vezes mais que o calcário (MASCHIETTO, 2009), atingindo o subsolo. Este se movimenta para o subsolo acompanhado por cátions, aumentando o teor de Ca^{2+} e Mg^{2+} e diminuindo a toxidez de Al^{3+} , melhorando o ambiente do solo para o crescimento radicular, cujos efeitos são observados já no primeiro ano de aplicação do gesso (SOUSA et al., 2005) e podem permanecer por vários anos (MASCHIETTO, 2009). Caires et al. (2003) em um Latossolo Vermelho, textura

argilosa, sob SPD com aplicação de gesso na superfície, verificou aumento do teor de Ca trocável em todo o perfil de solo (0 - 60 cm), sendo nítida a maior movimentação do Ca^{2+} com a aplicação de 9 t ha^{-1} de gesso, após 32 e 55 meses.

Por essas características, o gesso agrícola está sendo utilizado no SPD para minimizar os problemas de acidez pela redução na toxicidade por Al^{3+} em razão da formação de espécies menos tóxicas de Al como sulfato de alumínio (AlSO_4^+) e pela precipitação de Al^{3+} (ZAMBROSI et al., 2007) e para aumentar os teores de Ca^{2+} e S no subsolo (NEIS, 2009). Por sua vez, o gesso agrícola é considerado um condicionador de solo e pouco afeta o pH (MEURER et al., 2004), podendo compensar o efeito apenas superficial do calcário, pois, o gesso atua até no subsolo e não tem necessidade de incorporação (CAIRES et al., 2003).

No entanto, é necessário ter cuidado com o uso de gesso, visto que doses elevadas podem provocar lixiviação excessiva de bases trocáveis (NEIS, 2009), em razão do aumento do teor de Ca^{2+} e de íons sulfato que podem ser acompanhados com Mg^{2+} e potássio (K^+) trocável das camadas superficiais para o subsolo (SILVA et al., 1997; CAIRES et al., 2003). A lixiviação de Mg^{2+} tem sido mais acentuada quando os teores de Mg^{2+} são elevados nas camadas superficiais do solo (CAIRES et al., 1999), em decorrência da formação do par iônico MgSO_4^0 , que favorece a sua movimentação no solo (MASCHIETTO, 2009). Nesse caso, a aplicação de calcário dolomítico para a correção da acidez do solo e aumento da capacidade de troca de cátions pode ser considerada estratégia eficiente para minimizar as perdas de Mg^{2+} provocado pelo uso de gesso e maximizar a produção das culturas (CAIRES et al., 2004).

A utilização excessiva de gesso também pode promover a lixiviação de K^+ , dependendo do tipo de solo (CAIRES et al., 1999) e do sistema de cultivo (CAIRES et al., 2002). Em geral, a lixiviação de K^+ no solo tem sido menos pronunciada que a de Mg^{2+} (CAIRES et al., 2004; 2006a). Favaretto et al. (2008) estudaram os efeitos do gesso em um solo cultivado com milho e observaram que aumentou o teor de Ca^{2+} .

Ainda, a aplicação de doses elevadas de gesso pode resultar em incrementos de P no solo, pois o elemento é um resíduo presente em pequenas quantidades no gesso. Caires et al. (2003) verificaram aumento de P na camada superficial (0-0,05 m), após 8, 20 e 32 meses da aplicação de até 9 t ha^{-1} de gesso. Dessa forma, mesmo o P sendo considerado uma impureza no gesso, pode ser considerado um nutriente muito importante quando aplicadas doses elevadas de gesso (CAIRES et al., 2003).

O gesso é também fonte de S, fato importante já que a maioria dos fertilizantes não contém o nutriente em sua composição (NEIS, 2009). Por isso, muitos autores relatam que a

falta de S nos fertilizantes pode comprometer os solos agrícolas pela deficiência e disponibilidade do nutriente para as plantas (CHURKA, 2007; GARBUIO, 2006). No solo, o S se encontra nas formas orgânicas e inorgânicas, sendo a orgânica predominante, podendo representar mais de 90% do S total (MASCHIETTO, 2009). A disponibilidade do S para as plantas depende de transformação da forma orgânica para inorgânica, na qual apresenta-se quase que exclusivamente na forma de sulfato, o qual é retido pelos grupos funcionais dos colóides do solo (RHEINHEIMER et al., 2005).

Contudo, as principais culturas no Brasil têm apresentado respostas diferenciadas à aplicação de gesso agrícola no SPD. Na cultura do milho, vários trabalhos têm demonstrado aumento na produtividade de grãos (CAIRES et al., 1999, 2004, 2012; MASCHIETTO, 2009), sendo associado ao aumento do Ca e do S no tecido foliar do milho (CAIRES et al., 1999). Caires et al. (2004), estudando a combinação de calcário e gesso em SPD, verificaram um incremento de 17% na produção de milho e Garbuio (2006) estudando a reaplicação de gesso no SPD, verificou aumento de 8% na produtividade.

Na cultura da soja, a aplicação de gesso não resultou em aumento da produtividade de grãos em vários estudos (CAIRES et al., 1999, 2003, 2006b e 2011; NOGUEIRA et al., 2003; MASCHIETTO, 2009; NEIS et al., 2010). De acordo com Nogueira et al. (2003), a ausência de resposta da soja à aplicação de gesso está relacionada aos teores de S no solo, tendo sido a quantidade de S proveniente da mineralização da matéria orgânica suficiente para suprir as necessidades da cultura. Caires et al. (2001) atribui a ausência de resposta, ao fato do crescimento radicular da soja, na ausência de déficit hídrico, não ser influenciada pelo Al no subsolo.

No entanto, alguns trabalhos tem demonstrado aumento na produtividade de soja, com incremento de produtividade de grãos de 13% e 17% (DALLA NORA et al., 2013) quando ocorreu deficiência hídrica durante o ciclo da cultura. Também, Quaggio et al. (1993) verificaram incremento de 10% na produtividade da soja com a aplicação de 6,0 t ha⁻¹ de gesso. Rajj (2010) encontrou aumento na produtividade da soja com doses de gesso de 4,0 e 6,0 t ha⁻¹.

O aumento na produtividade das culturas com o uso do gesso pode estar relacionado à melhoria do ambiente radicular no subsolo por meio da redução na toxicidade do Al³⁺ e ao aumento do teor de Ca²⁺ trocável e de S-SO₄²⁻ disponível no solo (CAIRES et al., 1999, 2001, 2004). Entretanto, no RS há carência de estudos com a utilização de gesso agrícola e calcário associados na produtividade de milho e soja (DALLA NORA et al., 2013), visando estabelecer a necessidade e as doses de gesso recomendadas e que resultam em maiores

produtividades, em solos argilosos, onde há a ocorrência frequente de acentuado déficit hídrico, a exemplo da safra 2011/2012, em que a produtividade das culturas sofreu redução de mais de 50% (FEBRAPDP, 2012).

O trabalho teve o objetivo de avaliar a influência da aplicação de gesso agrícola sem e com calcário nos atributos químicos do solo e na produtividade de grãos de milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L.) em sistema plantio direto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com milho e soja foram realizados na safra 2012/2013, no Município de Barra Funda – RS, na fazenda Zandoná localizada nas coordenadas geográficas 27° 55' 56" S e 53° 31' 68" W, em um Latossolo Vermelho distrófico, típico (EMBRAPA, 2013), que apresentou 640, 660 e 680 g kg⁻¹ de argila, nas camadas de 0 – 10, 10 – 20 e 20 – 40 cm de profundidade, respectivamente. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima é do tipo Cfa, subtropical úmido sem estação seca definida, com verões quentes (PEEL et al., 2007). A precipitação pluviométrica de junho de 2012 a março de 2013 é apresentada na figura 1.

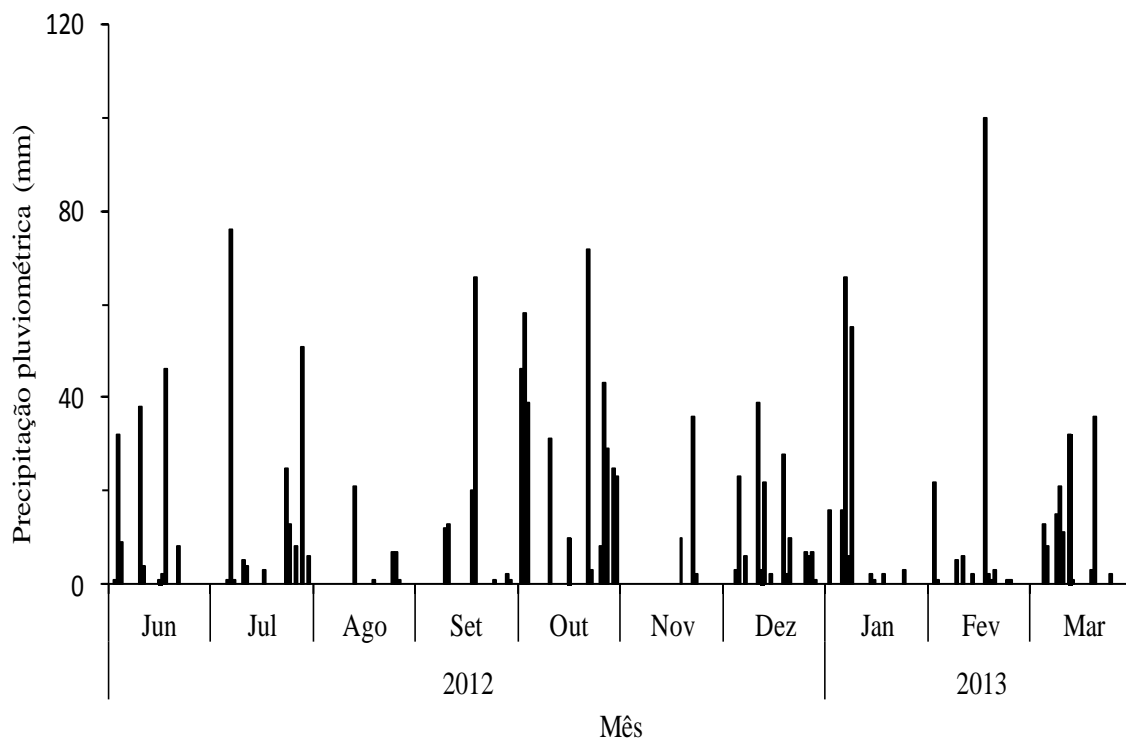


FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica na área durante o experimento, safra 2012/2013.

O solo foi cultivado durante 13 anos no sistema plantio direto (SPD), sendo aplicadas 2 t ha⁻¹ de calcário por triênio e realizada a rotação anual de culturas, cuja área foi dividida em duas glebas. Na gleba 1 foi semeado nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) + aveia preta (*Avena estrigosa*) no inverno e milho (*Zea mays* L.) no verão e na gleba 2 foi semeado trigo (*Triticum aestivum* L.) no inverno e soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no verão, cujas culturas da gleba 1 foram rotacionadas com as da gleba 2. Na tabela 1 é apresentada a rotação de

culturas nos últimos cinco anos. A aveia preta e o nabo forrageiro foram dessecados 70 dias antes da semeadura do milho e da soja.

TABELA 1 - Culturas rotacionadas nas glebas 1 e 2 nos últimos cinco anos

Gleba	2008/09		2009/10		2010/11		2011/12		2012/13	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
1	Aveia + Nabo	Milho	Aveia preta	Soja	Aveia + Nabo	Milho	Trigo	Soja	Aveia + Nabo	Milho
2	Aveia preta	Soja	Aveia + Nabo	Milho	Trigo	Soja	Aveia + Nabo	Milho	Trigo	Soja.

Foram coletadas amostras, compostas por 15 sub-amostras, para análise química do solo, antes da aplicação do calcário e do gesso (01/06/2012) e após a colheita do milho (02/02/2013) e da soja (30/03/2013), nas camadas de 0 – 10, 10 – 20 e 20 – 40 cm, nos tratamentos sem e com aplicação de calcário e nas doses de 0, 0,5, 4 e 8 t ha⁻¹ de gesso agrícola. As análises químicas de caracterização da área para a cultura do milho e da soja estão apresentadas na tabela 2.

TABELA 2 - Análise química do solo antes da aplicação do calcário e do gesso, em 01/06/2012, para a cultura do milho e da soja

Camada (cm)	MO (%)	pH H ₂ O	Ca (cmol _c L ⁻¹)	Mg	P (mg L ⁻¹)	K	H + Al (cmol _c L ⁻¹)	Al	CTC pH 7	V (%)
Milho										
0 - 10	2,1	5,6	4,9	1,9	23,8	220	4,4	0	11,8	63
10 - 20	2,0	5,5	3,7	1,6	6,8	120	4,9	0	11,0	53
20 - 40	1,9	4,9	2,0	1,2	4,5	36	7,7	0,9	10,5	30
Soja										
0 - 10	2,0	5,4	4,9	1,9	10,1	172	4,4	0,1	11,7	55
10 - 20	2,0	5,1	3,5	1,7	6,8	100	5,5	0,4	11,1	49
20 - 40	1,8	4,9	2,7	1,3	8,4	80	6,9	0,9	10,8	37

* Matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), alumínio (Al), saturação por base (V).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e quatro repetições para a cultura do milho. As unidades experimentais foram constituídas por parcelas

de 7 x 4,5 m (31,5 m²) representadas por seis linhas de milho. Os tratamentos constaram de seis doses de gesso agrícola 0; 0,5; 1; 2; 4 e 8 t ha⁻¹, em área com aplicação de 2,0 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 70) e uma testemunha adicional sem calcário e sem gesso. Para a cultura da soja o delineamento experimental foi inteiramente casualizado arranjos em esquema fatorial 6 x 2 com quatro repetições constituídas por parcelas de 7 x 3 m (21 m²) representadas por seis linhas de soja. Os tratamentos foram seis doses de 0, 0,5, 1, 2, 4 e 8 t ha⁻¹ de gesso agrícola em área sem e com aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário. A aplicação de calcário foi realizada a lanço em 02/06/2013 e a de gesso em 23/06/2013 para ambos os experimentos. O gesso foi composto de 16% de S e 24% de Ca²⁺.

A semeadura do milho, híbrido AG 8025 PRO, foi realizada em 02/09/2012, na densidade de 5 sementes por metro e espaçamento de 0,70 m entre linhas. A adubação de base foi realizada segundo o manual de adubação e calagem para o Estado do RS e SC para a expectativa de produtividade de 10,8 t ha⁻¹ (TEDESCO et al., 2004). A adubação foi de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-20 (N-P-K), na semeadura, e duas coberturas de 150 kg ha⁻¹ de ureia quando as plantas estavam com 4 e 6 folhas, respectivamente.

A semeadura da soja, cultivar NS 6262 RR, foi realizada em 15/11/2012, na densidade de 14 sementes por metro e espaçamento de 0,50 m entre as linhas. A adubação de base foi realizada para expectativa de produtividade de 3,9 t ha⁻¹, sendo 150 kg ha⁻¹ de KCl em cobertura aos 15 dias antes da semeadura e 300 kg ha⁻¹ da fórmula 2-20-18 na semeadura.

Na colheita foram avaliadas a produtividade de grãos de milho em área de 14 m² e de soja em área de 9,0 m², colhendo-se as quatro fileiras centrais e eliminando as duas linhas da bordadura de cada parcela. Os conteúdos de água nos grãos foram corrigidos para 12%.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando o F foi significativo realizou-se a regressão para avaliar o efeito das doses de gesso na produtividade de grãos de milho e soja ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo programa WINSTAT.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito do gesso agrícola nos atributos químicos do solo

Na área sem aplicação de gesso agrícola e sem calcário, não houve alteração nas características químicas do solo, assim como nas áreas com aplicação de gesso não alterou o pH do solo (Figura 2, 4). Possivelmente isso ocorreu porque o gesso é um sal neutro que não possui capacidade de consumir prótons H^+ (MASCHIETTO 2009). Porém, a aplicação de gesso provoca uma reação de troca de ligantes envolvendo óxidos de Fe^{2+} e Al^{2+} , com o $S-SO_4^{2-}$ promovendo o deslocamento de OH^- e, dessa forma, pode promover a neutralização parcial da acidez do solo (CAIRES et al., 2003), fato que não ocorreu neste estudo. A aplicação do calcário em superfície aumentou o pH na camada de 0 – 10 cm e não alterou o pH do solo nas camadas de 10 – 20 cm e de 20 – 40 cm. No entanto, a aplicação de calcário juntamente com o gesso na área de soja possibilitou uma elevação do pH próximo de 5,5 na camada superficial (0 – 20 cm) (Figura 4 B), sendo esse considerados ideal para as culturas do milho e da soja, segundo Tedesco et al. (2004).

A aplicação de gesso associado a 2 t ha^{-1} de calcário resultou em aumentos nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo (Figura 2 e 3 A, B). Houve um incremento expressivo nos teores de Ca^{2+} no perfil de solo, onde a dose de 8 t ha^{-1} de gesso resultou em um incremento de Ca^{2+} de 66% na camada de 0 – 40 cm de profundidade, porém, 36% desse aumento ocorreu na camada de 0 – 10 cm (Figura 3B). Com a aplicação de 4 t ha^{-1} de gesso os incrementos foram de 33 e 45% de Ca^{2+} sem e com aplicação de calcário (Figura 3 A, B). As mesmas tendências foram obtidos por Dalla Nora et al. (2013) com um aumento de 56 e 136% no teor Ca^{2+} com aplicação de 5 t ha^{-1} de gesso na camada de 0 – 60 cm de profundidade, indicando um elevado movimento vertical do Ca^{2+} no perfil do solo. Caires et al. (2003) e Maschieto (2009), também encontraram resultados semelhantes em um Latossolo no Paraná. O incremento dos teores de Ca^{2+} em profundidade está relacionado com a disponibilidade do nutriente em superfície e com a movimentação do Ca^{2+} influenciado pelo excesso de umidade e pela ligação com o ânion SO_4^{2-} que permite a movimentação até a subsuperfície (COSTA, 2011).

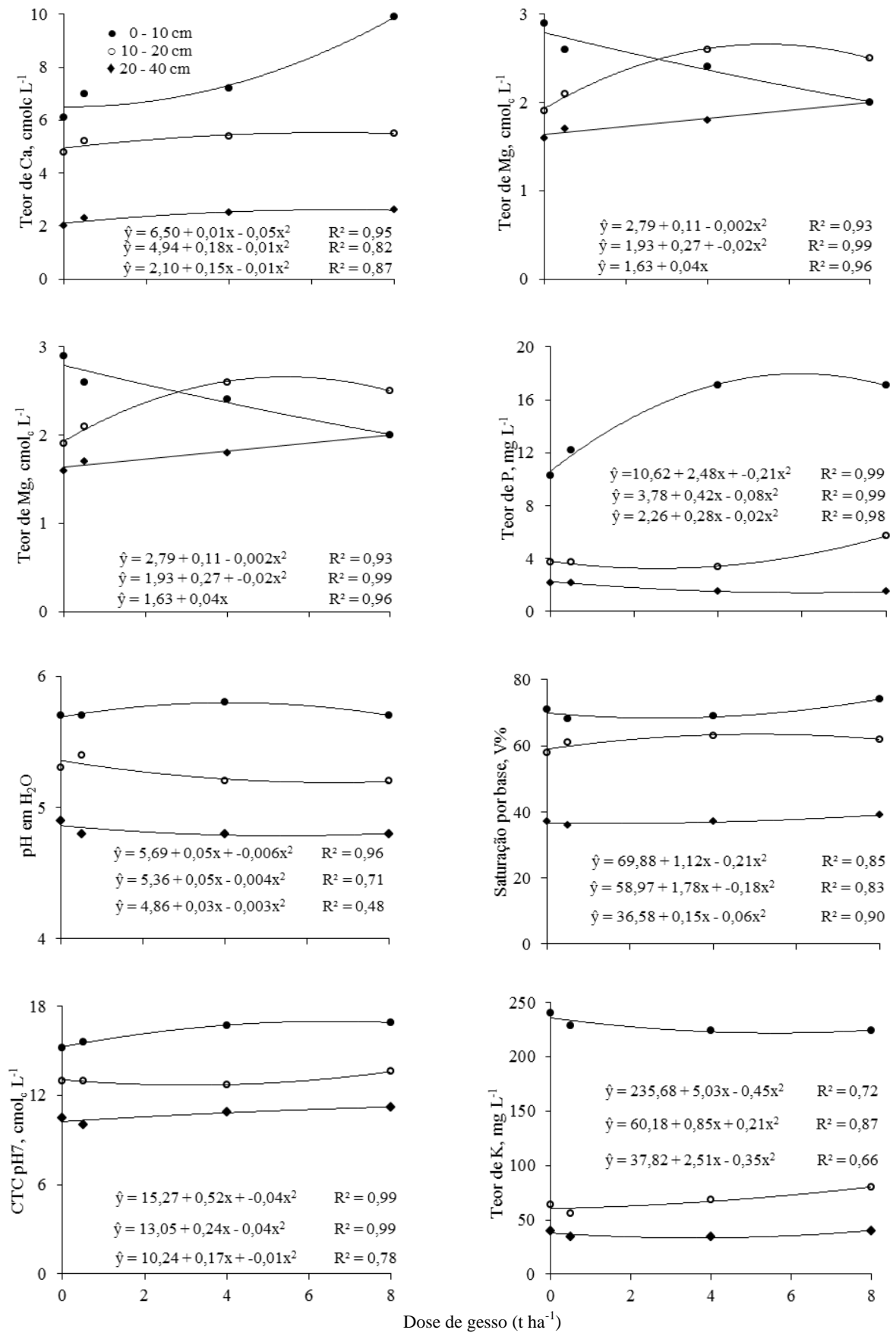


FIGURA 2 - Análise química do solo após a aplicação de gesso e calcário na cultura do milho.

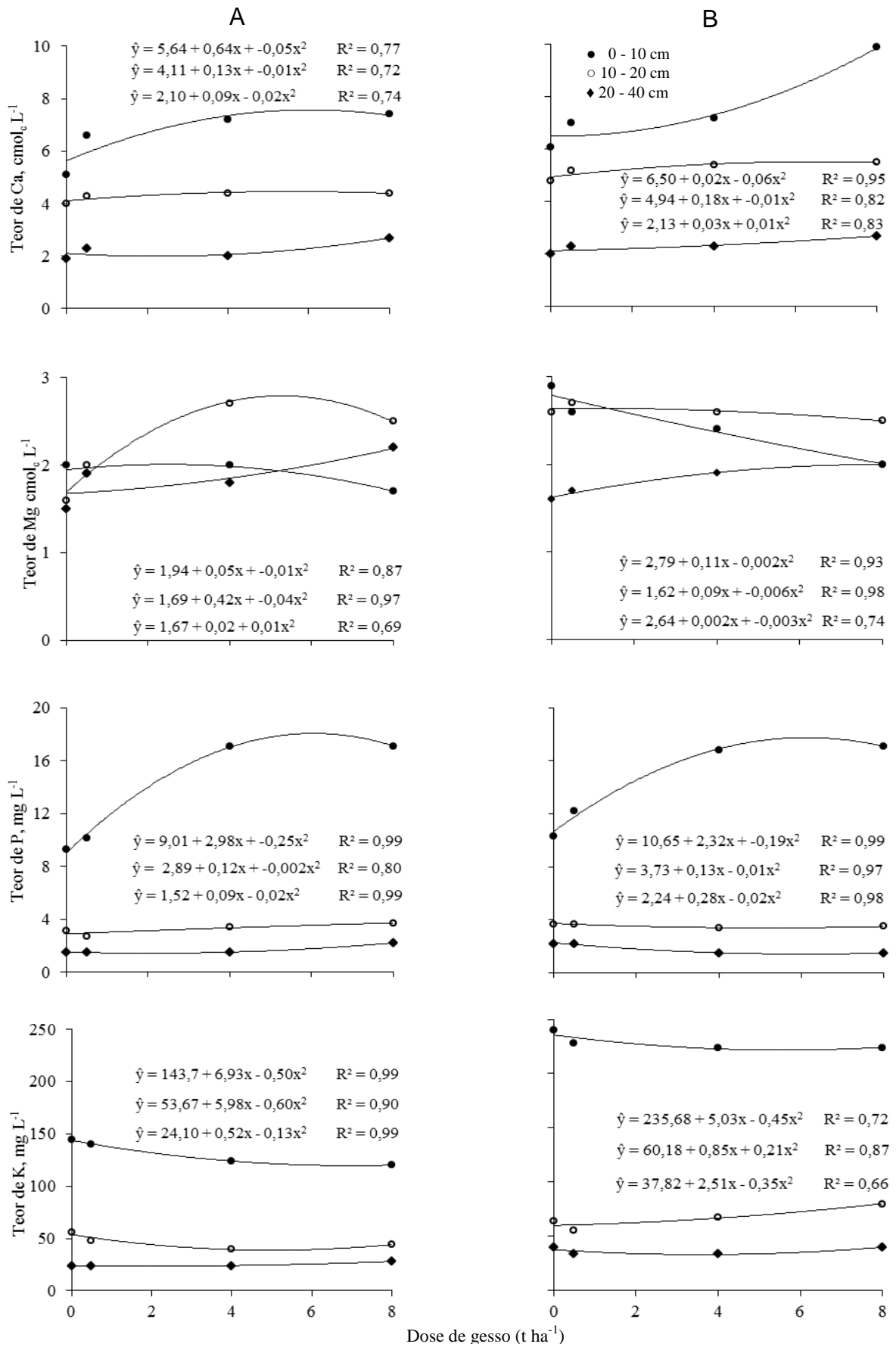


FIGURA 3 - Análise química do solo após a colheita da cultura da soja. A - com aplicação de gesso e sem aplicação de calcário; B - com aplicação de gesso e calcário.

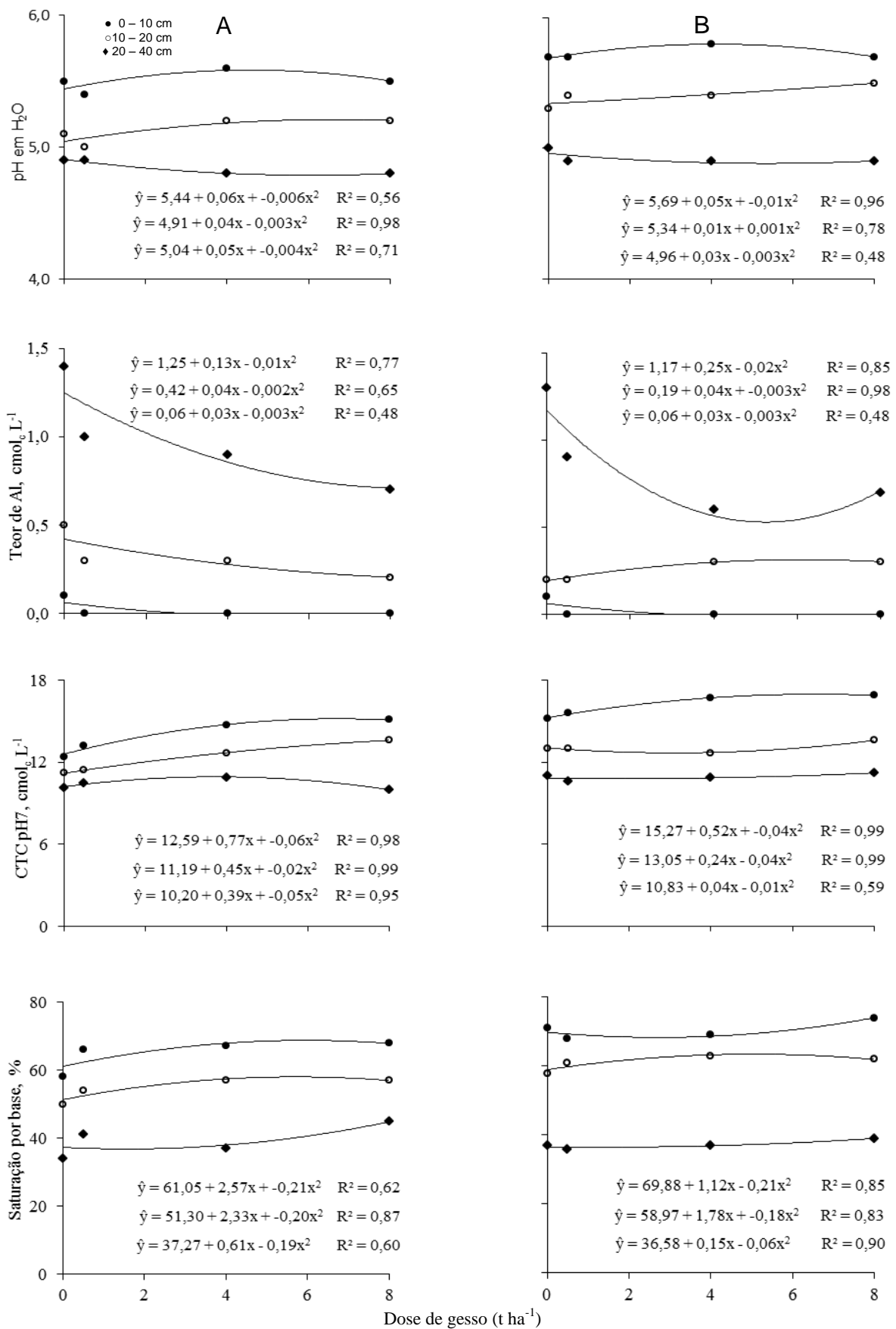


FIGURA 4 - Análise química do solo após a colheita da cultura da soja. A - com aplicação de gesso e sem aplicação de calcário; B - com aplicação de gesso e calcário.

De acordo com Maschietto (2009), a aplicação de gesso na superfície de um Latossolo Vermelho textura argilosa sob SPD, aumentou o teor de Ca^{2+} em todo o perfil de solo (0 - 60 cm), sendo a maior movimentação do Ca^{2+} com a aplicação de 9 t ha^{-1} , após 32 meses (CAIRES et al., 2003). Nesse mesmo solo, Caires et al. (2006), obtiveram aumento no teor de Ca trocável no perfil (0 – 60 cm) após 55 meses da aplicação, de 9 t ha^{-1} de gesso em superfície. Em um Latossolo Vermelho textura média sob SPD foi verificado que 80% do Ca^{2+} tinha sido absorvido pelas plantas ou lixiviado para camadas mais profundas que 60 cm após 64 meses da aplicação de 12 t ha^{-1} de gesso (CAIRES et al., 2001). Para o experimento, o maior incremento ocorreu na camada de 0 – 20 cm de profundidade com a dose de 8 t ha^{-1} , sendo isso atribuído ao curto período de duração do experimento (10 meses).

Os teores de Mg^{2+} no solo também aumentaram com a aplicação de gesso e calcário (Figura 3 B). No entanto, a aplicação isolada de gesso promoveu um pequeno decréscimo desse nutriente nas camadas superficiais, com carreamento e incremento dos teores nas camadas mais profundas do solo (Figura 3 A). Resultados semelhantes foram encontrados por Dalla Nora et al. (2013), que não denominou isso de lixiviação e sim como redistribuição vertical desse nutriente no perfil do solo. Isso é resultado da formação do par iônico MgSO_4^0 que permite a maior movimentação desse elemento no perfil do solo (ZAMBROSI et al., 2007; MASCHIETTO, 2009). Esse movimento vertical de Mg^{2+} no perfil do solo é benéfico à nutrição das plantas, desde que o teor crítico para a cultura seja mantido (DALLA NORA et al., 2013). Em razão disso, é recomendado a aplicação de gesso associado com o calcário dolomítico para manter os níveis adequados de Mg^{2+} e Ca^{2+} e elevar o pH na superfície (CAIRES, 2012). Segundo Foloni & Rosolem (2006), o incremento dos teores de cátions básicos em profundidade no SPD é importante para o decréscimo do impedimento químico ao desenvolvimento radicular e para aumentar a resistência ao déficit hídrico.

Os teores de K^+ não foram influenciados pelas doses de gesso sem ou com calcário (Figura 3, A e B). A reduzida lixiviação de K^+ associada às aplicações de gesso pode ser resultado do elevado teor de argila (81%), teor de carbono (72%) e da maior CTC na camada superficial, que permitem maior adsorção do K^+ (DALLA NORA et al., 2013). Amado et al. (2006) também atribuiu isso a intensa ciclagem de nutrientes pelo uso de culturas de cobertura e em rotação, indispensável no SPD.

O gesso também propiciou um maior acúmulo de P em superfície, onde a aplicação de 8 t ha^{-1} aumentou 58% nos teores de P (Mehlich-1) em todo o perfil. Na camada superficial (0 – 10 cm) foram encontrados os maiores teores de P, onde a área sem aplicação de gesso possuía teores de $9,3 \text{ mg L}^{-1}$ e de $17,1 \text{ mg L}^{-1}$ na área com aplicação de 8 t ha^{-1} de gesso

agrícola (Figura 3 B). Resultados semelhantes foram encontrados por Caires et al. (2003) e Maschietto (2009), mostrando que o uso do gesso agrícola também pode aumentar o teor de P na camada superficial quando aplicados altas doses de gesso, mesmo o P sendo considerado uma impureza e em pequenos teores no gesso. Assim, mesmo em pequenas concentrações (1,0% P_2O_5), uma dose de $8,0 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso representa uma aplicação de 80 kg ha^{-1} de P, fato que necessita ser levado em consideração quando realizada a recomendação de fertilizantes para as culturas. A elevada diminuição dos teores de P a partir da superfície do solo é ocorrência comum em SPD, pela ausência de revolvimento do solo e liberação de P pela decomposição vegetal e ainda aplicação de fertilizantes fosfatados (CAIRES et al., 2003) aliado a baixa mobilidade do P no solo.

Os teores de Al encontrados no perfil de solo corresponderam a $0,1 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ (0 – 10 cm), $0,5 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ (10 – 20 cm) e $1,4 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ (20 – 40 cm) na dose 0 e sem aplicação de calcário, sendo os maiores teores encontrados no subsolo (20 – 40 cm) (Figura 4 A). O gesso agrícola diminuiu os teores de Al em todo o perfil de solo (0 – 40 cm), sendo a redução maior com o aumento da dose de gesso. A dose de gesso de 8 t ha^{-1} diminuiu a toxidez de Al para 0 na camada de 0 – 10 cm, 0,2 para a camada de 10 – 20 cm e 0,7 na camada de 20 – 40 cm, respectivamente (Figura 4 A). Os teores de Al^{3+} diminuíram na mesma proporção na área onde aplicou-se gesso agrícola associado a 2 t ha^{-1} de calcário. Dessa forma, os teores encontrados na camada de 0 - 20 cm de profundidade com aplicação de gesso, foram abaixo de 10% de saturação por Al (m), teor considerado limite crítico para aplicação de calcário (TEDESCO et al., 2004). No entanto, na camada de 20 – 40 cm a maioria das amostras de solo apresentaram saturação por Al acima de 10% (nível crítico). Isso indica que a área possui condições ideais para o desenvolvimento das culturas até 20 cm de profundidade, mas para profundidades maiores apresenta um impedimento químico por toxidez por Al^{3+} que justifica a aplicação de gesso agrícola. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa (2011), que encontrou uma diminuição dos teores de Al^{3+} na camada de 0 - 20 cm após 48 e 60 meses da aplicação de gesso. Contudo, espera-se efeito da gessagem nas camadas mais profundas.

A CTC do solo aumentou expressivamente após a aplicação gesso agrícola e do calcário, permitindo inferir que a associação de gesso agrícola e calcário proporciona um aumento na CTC em todo o perfil de solo, enquanto a aplicação isolada de gesso não proporciona esse efeito (Figura 4 A). A CTC pH7 foi de $12,4 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ na dose 0 e sem calcário (Figura 4 A) e $16,9 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ com aplicação de 8 t de gesso por ha^{-1} e 2 t ha^{-1} de calcário na camada de 0 a 10 cm (Figura 4 B). Isso é muito importante para a fertilidade do

solo, pois esse aumento proporciona aos colóides maior capacidade de reter cátions como o Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

A saturação por bases (V) também aumentou após a aplicação do gesso agrícola e da associação com calcário (Figura 4 A e B). Os valores da saturação por base aumentaram de 58 para 74% na camada de 0 – 10 cm, 50 para 62% na camada de 10 – 20 cm e de 34 para 39% na camada de 20 – 40 cm de profundidade, onde o aumento é referente à área onde foram aplicados o 8 t ha^{-1} gesso agrícola associado com 2 t ha^{-1} de calcário em ralação á testemunha dose 0 (sem gesso e sem calcário). No entanto, a V não foi superior a 65% nas camadas maiores que 10 cm. Porém, a V aumentou em todas as doses de gesso. Resultados semelhantes foram encontrados por Dala Nora et al., (2013), onde a V manteve-se acima de 65% até a camada de 15 cm com aplicação de gesso combinada com calcário. No entanto, onde não ocorreu a aplicação de gesso agrícola e sem aplicação de calcário, a V situou-se abaixo de 65% em todas as camadas, sendo esse, o limite crítico para a recomendação de calcário para os estados do RS e SC de acordo com Tedesco et al. (2004).

3.2 Efeito do gesso na produtividade de milho e soja

A melhoria nas características químicas do solo com aplicação isolada de gesso promoveu aumento na produtividade da cultura do milho, e sem e com calcário para a soja. O gesso aumentou a produtividade de grãos de milho e de soja, com maior intensidade até a dose de 2 t ha^{-1} , com 9,3% de incremento para o milho (figura 5) e 11,3 e 11,4% para soja, sem e com calcário, respectivamente (figura 6).

O efeito de gesso para a cultura do milho possibilitou o aumento de produtividade da cultura mesmo na ausência de déficit hídrico, sendo que no período mais crítico da cultura (floração) ocorreu no mês de dezembro, mês em que ocorreu a melhor distribuição de precipitações (Figura 1). Caires et al (2011), em Latossolo do Paraná, também encontrou incremento de produtividade da cultura do milho na ausência de déficit hídrico com respostas semelhantes ao aumento de produtividade de grãos de 6 a 9%. Segundo Maschieto (2009), a aplicação de gesso no solo provoca alterações complexas e seus efeitos sobre as plantas são difíceis de serem isolados. Dessa forma, o aumento de produção de grãos de milho está relacionado com a melhoria dos atributos químicos do solo, sendo isso relacionado ao incremento nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} em todo o perfil, pelo aumento nos teores de P na camada de 0 - 10 cm, e da V camada de 0 - 20 cm e, além disso, pelo decréscimo da saturação por Al^{3+} nas camadas subsuperficiais.

No entanto, a resposta da cultura à aplicação de gesso foi de forma exponencial, mostrando que até a dose de 2 t ha⁻¹ houve incrementos de produtividade. Isso é explicado, pelos parâmetros da análise química do solo, pois a fertilidade do solo aumentou e proporcionou incrementos nos teores de Ca²⁺, Mg²⁺, P até o nível de alto ou muito alto segundo Tedesco et al. (2004), suprindo todas as exigências da cultura e atingindo a máxima produtividade da área.

O calcário não aumentou a produtividade de milho (Tabela 3), porém aumentou a produtividade de soja, em todas as doses de gesso (Figura 6). Isso ocorreu, pois a área onde foi semeada a cultura do milho não apresentava necessidade de calagem, pois o seu pH estava acima de 5,5 até a profundidade de 20 cm. Esse pH é considerado ideal para o desenvolvimento da cultura, com isso a aplicação de calcário mesmo alterando o pH do solo não influenciou no desenvolvimento da cultura, mas participou do fornecimento de Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo.

TABELA 3 - Produtividade de grãos de milho sem gesso e sem e com aplicação de calcário

Tratamento	Produtividade de milho (t ha ⁻¹)
Sem Calcário	10,3 a ^{ns}
Com Calcário	10,4 a

* Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

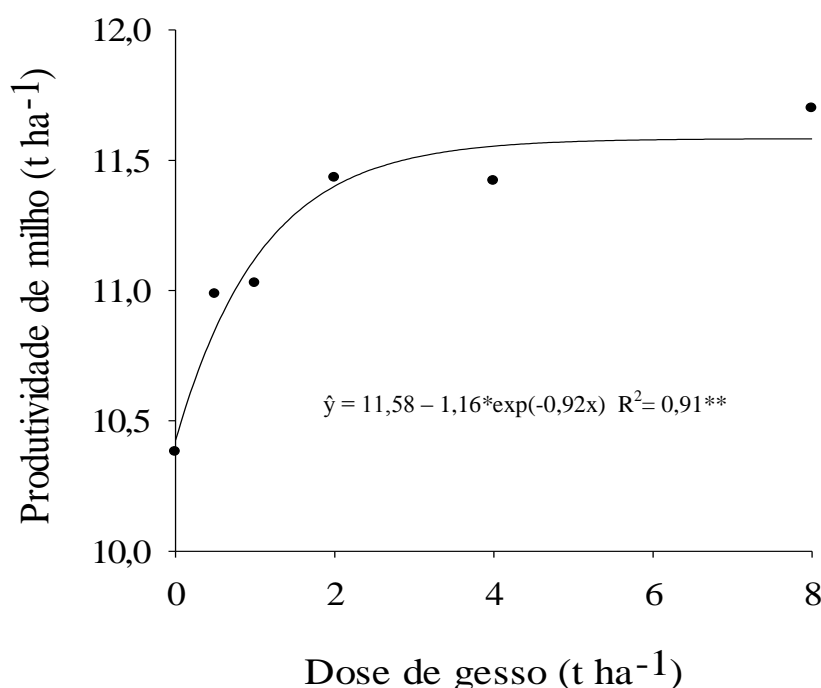


FIGURA 5 - Produtividade de grãos de milho em função da dose de gesso.

A aplicação de gesso e calcário na cultura da soja possibilitou um incremento de produtividade, possivelmente em razão do aumento dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} em todo o perfil de solo e P na camada de 0 – 10 cm, juntamente com o aumento do pH na camada superficial, indicando que a aplicação de gesso e calcário dolomítico foram benéficos. Além disso, a aplicação de calcário juntamente com o gesso possibilitou uma elevação do pH próximo do ideal para a cultura (pH 5,5) na camada superficial (0 - 20 cm). Aliado a isso, proporcionou um aumento da V e um decréscimo na saturação por Al nas camadas subsuperficiais, possibilitando um melhor crescimento radicular e absorção de água e nutrientes pela planta.

A cultura da soja também respondeu de forma exponencial a aplicação de gesso, com maiores incrementos de produtividade até a dose de 2 t ha^{-1} . Isso é atribuído à melhoria dos atributos químicos do solo na área onde foram aplicados as doses de gesso agrícola. A análise química do solo, permitiu verificar que com a aplicação de gesso e calcário houve aumento na fertilidade do solo, mostrando que a maioria dos nutrientes se encontravam no nível de alto ou muito alto, e dessa forma na dose 2 t ha^{-1} , foi o suficiente para atingir a maior produtividade da cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa (2011), estudando a melhor dose de calcário sem e com aplicação de gesso, verificou uma maior produtividade na área com aplicação de $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso agrícola.

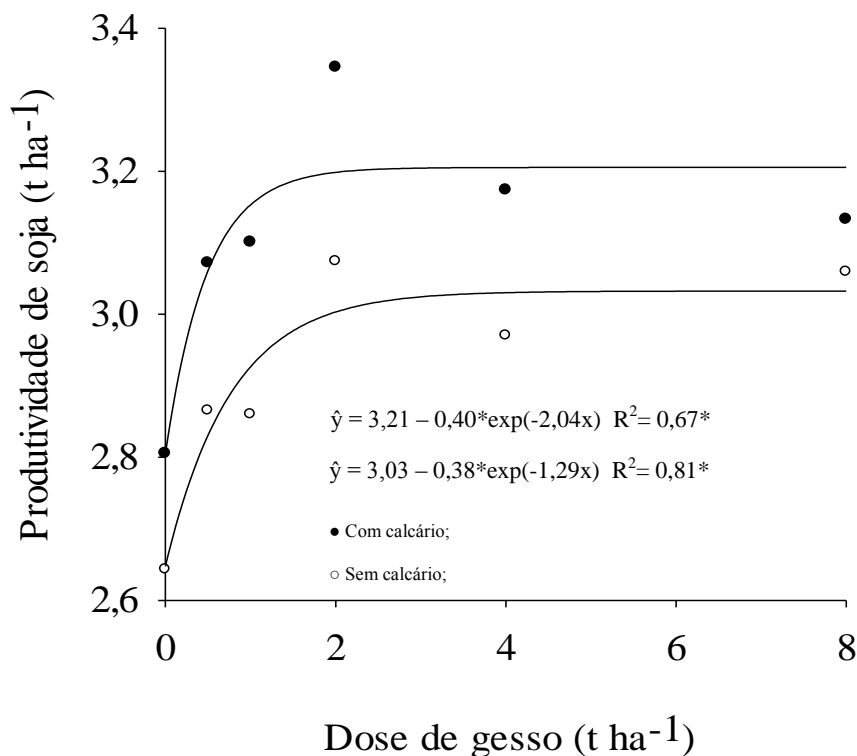


FIGURA 6 - Produtividade de grão de soja em função da dose de gesso e calcário.

Além disso, o incremento de produtividade da soja em decorrência do gesso foi intensificado pela ocorrência do déficit hídrico no estágio de florescimento da cultura no final do mês de janeiro (Figura 1). Souza et al. (1996), também obtiveram incrementos de produtividade de $0,3 \text{ t ha}^{-1}$ para a cultura da soja com aplicação de gesso agrícola, quando ocorreram veranicos na época mais importante do ciclo (floração). Verificando a frequência de déficits hídricos ocorridos durante o ciclo da cultura da soja no RS, há uma necessidade do crescimento e aprofundamento do sistema radicular da cultura, o que garante maior resistência à falta de água. Para Nuernberg et al. (2002), a maior resposta em condições de deficiência hídrica está no maior crescimento radicular quando é aplicado gesso ao solo.

O efeito do gesso sobre a cultura da soja foi intensificado pela condição de restrição hídrica no florescimento da cultura, mostrando que o gesso agrícola pode contribuir para a estabilização da produtividade de soja manejada sob sistema plantio direto, fato que justifica a utilização do gesso, em doses de até 2 t ha^{-1} .

Economicamente a aplicação de gesso agrícola ainda é restrita no Estado do Rio grande do Sul em função do preço pago por tonelada de gesso (R\$ 150,00) que é superior ao pago pela tonelada de calcário dolomítico (R\$ 80,00). Dessa forma, mesmo com incrementos de produtividade de 11,3 e 11,4% para a cultura da soja com aplicação de 2 t ha^{-1} de gesso o produtor apenas está pagando os custos de sua aplicação.

4 CONCLUSÃO

O gesso agrícola apresenta eficiência na melhoria das condições químicas do solo em SPD.

O gesso agrícola aumenta os teores de Ca^{2+} , redistribui o Mg^{2+} e diminui os teores de Al^{3+} na camada de solo de 0 - 40 cm de profundidade.

A aplicação de gesso associado com calcário, aumenta o pH na camada de 0 – 20 cm de profundidade e aumenta os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e a saturação por bases na camada de 0 – 40 cm.

O gesso agrícola aumenta a produtividade de grãos de milho e de soja, com maior intensidade até a dose de 2 t ha^{-1} .

O calcário não aumentou a produtividade de milho, porém, aumentou a produtividade de soja, em todas as doses de gesso.

5 REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B.C.; VEIGA, M. Potential of Carbon Accumulation in No-Till Soils with Intensive Use and Cover Crops in Southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, v.35, p.1599-1607, 2006.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.1029-1040, 2001.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agrícola**, v.59, p.357-364, 2002.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.28, p.125-136, 2004.

CAIRES E.F.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, v.97, p.791-798, 2005.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.89, p.3-12, 2006a.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agrícola**, v.63, p.370-379, 2006b.

CAIRES, E.F., GARBUIO, F.J., CHURKA, S., BARTH, G.; CORRÊA, J.C.L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, v.28, p.57-64, 2008.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, S.; JORIS, H.A.W. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal**, v.103, p.1804-1814, 2011.

CAIRES, E.F. Calagem e uso de gesso em Sistema Plantio Direto. **Revista Plantio Direto**, v.128, p.1-11, 2012.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBERTO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.337-326, 2004.

COSTA, C.H.M. da. **Efeito residual da aplicação superficial de calcário e gesso nas culturas de soja, aveia-preta e sorgo graníferos**. Botucatu, 2011. 80p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista.

CHURKA, S. **Atributos químicos de um Latossolo e comportamento do trigo e da soja no sistema plantio direto influenciados pela aplicação e reaplicação de gesso agrícola**. Ponta Grossa, 2007. 74p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Ponta Grossa.

DALLA NORA, D.D.; AMADO, T.J.C.; GIRARDELLO, V.C.; MERTINS, C. Gesso: alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.133, p.8-20, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.F.S.; BAYER, C. Chemical modifications caused by liming below the limed layer in a predominantly variable charge acid soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, p.889-901, 2004.

FAGERIA, N.K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1419-1424, 2001.

FAVARETTO, N.; NORTON, L.D.; BROUDER, S.M.; JOERN, B.C. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium effects on plant nutrition under conditions of intensive nutrient extraction. **Soil Science Society of America Journal**, v.133, p.108-118, 2008.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. 2012. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.I.pdf. Acessado 12 de ago. 2013.

FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. R. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão. I – Transporte de cátions e ânions no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.425-432, 2006.

GARBUIO, F.J. **Alterações químicas do solo, nutrição, produção e qualidade de grãos de milho em função da aplicação de gesso em sistema plantio direto**. Ponta Grossa, 2006. 71p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Ponta Grossa.

LOPES, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: Anda, 2004. 110p.

LYRA SOBRINHO, A.C.P.; AMARAL, A.J.R. Gipsita. In: LYRA SOBRINHO, A.C.P. et al. Idem. Balanço mineral brasileiro: 2001. Brasília, DF: DNPM, 2002. p.7-23.

MASCHIETTO, E.H.G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. Ponta Grossa, 2009. 56f. Dissertação Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Ponta Grossa.

MEURER, E.J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C.A. Fenômeno de sorção em solos. In: MEURER, J. E. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p.131-179.

NEIS, L. **Gesso agrícola em sistemas de manejo do solo e produtividade de soja na região do Sudoeste de Goiás**. Jataí, 2009. 61f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás.

NEIS, L.; PAULINO, H.B. SOUSA, E.D. de; REIS, E.F. dos; PINTO, F. A. 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, 2010.

NOGUEIRA, M.A.; MELO, W.J. Enxofre disponível para a soja e a atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.655-663, 2003.

NUERNBERG, K.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; LORENZ, S.; WINKLER, K.; RICKERT, R.; STEINHART, H. N-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of longissimus muscle in beef cattle. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.104, p.463-471, 2002.

NUENBERG, N.J.; RECH, T.D.; BASSO, C. **Usos do gesso agrícola**. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2004 (Boletim Técnico, 122).

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, p.1633-1644, 2007.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; QUEIROZ, D.M.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C. Alterações de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agrônômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.121-131, 2003.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. Van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Soybean responses to lime and gypsum and ion leaching into the soil profile. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.375-383, 1993.

RAIJ, B. Van.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; PENTTINELLI, J.R. 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, p.188-198, 1998.

RAIJ, B. Van. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. In: LI PROCHNOW; V CASARIN; SR STIPP; Org. **Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute - Brasil (IPNI), v.1, 2010. p.349-382.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F.; FONTANIVA, S. Chemical attributes of a soil and response of Wheat and soybean to gypsum in no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1687-1698, 2011.

RHEINHEIMER, D.S.; ALVAREZ, J.W.R.; OSORIO FILHO, B.D.; SILVA, L.S.; BORTOLUZZI, E.C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, p.562 – 569, 2005.

SILVA, N.M.; RAIJ, B. van; CARVALHO, L.H.; BATAGLIA, O.C.; KONDO, J.I. Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. **Bragantia**, v.56, p.389-401, 1997.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPAC/PAC, 1996. 20p. (Circular Técnica, 32).

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A.. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2005.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; WIETHÖLTER, S. (Ed.). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 401p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.37, p.110-117, 2007.

ANEXOS

1. Cobertura de solo da área no inverno com nabo + aveia preta (a) e trigo(b).



2. Área do experimento de milho (a) e soja (b).



ANEXO 3 - Análise química do solo antes da aplicação do calcário e do gesso e, após a colheita do milho, sem e com calcário

Gesso (t ha ⁻¹)	Camada (cm)	MO (%)	pH H ₂ O	Ca (cmol _c L ⁻¹)	Mg (cmol _c L ⁻¹)	P (mg L ⁻¹)	K (mg L ⁻¹)	H+Al (cmol _c L ⁻¹)	Al (cmol _c L ⁻¹)	CTC pH 7	V (%)
01/06/2012											
0	0 - 10	2,1	5,6	4,9	1,9	23,8	220	4,4	0,0	11,8	63
	10 - 20	2,0	5,5	3,7	1,6	6,8	120	4,9	0,0	11,0	53
	20 - 40	1,9	4,9	2,0	1,2	4,5	36	7,7	0,9	10,5	30
02/02/2013											
0 sem calcário	0 - 10	2,4	5,4	5,0	2,0	11,8	104	4,9	0,1	12,4	65
	10 - 20	2,2	5,2	4,0	1,5	6,0	176	6,2	0,2	11,2	52
	20 - 40	1,9	5,0	1,9	1,2	4,5	80	6,2	1,3	10,1	30
0	0 - 10	2,3	5,7	6,1	2,9	10,3	240	4,4	0,0	15,2	71
	10 - 20	2,2	5,3	4,8	1,9	3,7	64	5,5	0,2	13,0	58
	20 - 40	2,0	4,9	2,0	1,6	2,2	40	6,2	0,7	10,5	37
0,5	0 - 10	2,5	5,7	7,0	2,6	12,2	228	5,5	0,0	15,6	68
	10 - 20	2,3	5,4	5,2	2,1	3,7	56	4,9	0,3	13,0	61
	20 - 40	2,0	4,8	2,3	1,7	2,2	34	5,5	0,9	10,0	36
4	0 - 10	2,2	5,8	7,2	2,4	17,1	224	5,5	0,0	16,7	69
	10 - 20	2,3	5,2	5,4	2,6	3,4	68	5,5	0,3	12,7	63
	20 - 40	2,0	4,8	2,5	1,8	1,5	34	6,2	0,6	10,9	37
8	0 - 10	2,4	5,7	9,9	2,0	17,1	224	4,4	0,0	16,9	74
	10 - 20	2,0	5,2	5,5	2,5	5,7	80	5,5	0,5	13,6	62
	20 - 40	1,9	4,8	2,6	2,0	1,5	40	6,9	0,5	11,2	39

Anexo 4 - Análise química do solo antes da aplicação do calcário e do gesso e, após a colheita da soja, sem e com calcário

Gesso (t ha ⁻¹)	Camada (cm)	MO (%)	pH H ₂ O	Ca (cmol _c L ⁻¹)	Mg (cmol _c L ⁻¹)	P (mg L ⁻¹)	K (mg L ⁻¹)	H+Al (cmol _c L ⁻¹)	Al (cmol _c L ⁻¹)	CTC pH 7	V (%)
01/06/2012											
0	0 - 10	2,0	5,4	4,9	1,9	10,1	172	4,4	0,1	11,7	55
	10 - 20	2,0	5,1	3,5	1,7	6,8	100	5,5	0,4	11,1	49
	20 - 40	1,8	4,9	2,7	1,3	8,4	80	6,9	0,9	10,8	37
30/03/2013											
Sem calcário											
0	0 - 10	2,0	5,5	5,1	2,0	9,3	144	4,4	0,1	12,4	58
	10 - 20	1,9	5,1	4,0	1,6	3,1	56	6,9	0,5	11,2	50
	20 - 40	1,8	4,9	1,9	1,5	1,5	24	6,9	1,4	10,1	34
0,5	0 - 10	2,3	5,4	6,6	1,9	10,1	140	2,8	0,0	13,2	66
	10 - 20	2,0	5,0	4,3	2,0	2,7	48	5,5	0,3	11,4	54
	20 - 40	1,9	4,9	2,3	1,9	1,5	24	6,2	1,0	10,5	41
4	0 - 10	2,3	5,6	7,2	2,0	17,1	124	5,5	0,0	14,7	67
	10 - 20	2,0	5,2	4,4	2,7	3,4	40	5,5	0,3	12,7	57
	20 - 40	1,7	4,8	2,0	1,8	1,5	24	6,2	0,9	10,9	37
8	0 - 10	2,5	5,5	7,4	1,7	17,1	120	4,9	0,0	15,1	68
	10 - 20	2,3	5,2	4,4	2,5	3,7	44	4,9	0,2	13,6	57
	20 - 40	2,0	4,8	2,7	2,2	2,2	28	5,5	0,7	10,0	45
Com calcário											
0	0 - 10	2,3	5,7	6,1	2,9	10,3	240	4,4	0,1	15,2	71
	10 - 20	2,2	5,3	4,8	2,6	3,7	64	5,5	0,2	13,0	58
	20 - 40	2,3	5,0	2,0	1,6	2,2	40	6,2	1,3	11,0	37
0,5	0 - 10	2,0	5,7	7,0	2,6	12,2	228	5,5	0,0	15,6	68
	10 - 20	2,5	5,4	5,2	2,7	3,7	56	4,9	0,2	13,0	61
	20 - 40	2,3	4,9	2,3	1,7	2,2	34	5,5	0,9	10,6	36
4	0 - 10	2,2	5,8	7,2	2,4	16,8	224	5,5	0,0	16,7	69
	10 - 20	2,3	5,4	5,4	2,6	3,4	68	5,5	0,3	12,7	63
	20 - 40	2,0	4,9	2,3	1,9	1,5	34	6,2	0,6	10,9	37
8	0 - 10	2,0	5,7	9,9	2,0	17,1	224	4,4	0,0	16,9	74
	10 - 20	2,2	5,5	5,5	2,5	3,5	80	5,5	0,3	13,6	62
	20 - 40	1,9	4,9	2,7	2,0	1,5	40	6,9	0,7	11,2	39