

**Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio
direto: estado nutricional e produtividade do milho**

**Lime, gypsum, cover crop and nitrogen in no-tillage system: nutritional status and grain
yield of maize**

**Cal, yeso, cultivos de cobertura y nitrógeno: estado nutricional y rendimiento del grano
de maíz**

Recebido: 23/06/2020 | Revisado: 29/06/2020 | Aceito: 21/07/2020 | Publicado: 02/08/2020

Vinicius Cábrio Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8004-6548>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: viniciuscf@gmail.com

Edson Lazarini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5394-0635>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: edson.lazarini@unesp.br

Izabela Rodrigues Sanches

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0259-7405>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: izabelars.agr@gmail.com

Fabiana Lopes dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3126-6138>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: fabianalopesagr@gmail.com

João William Bossolani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4389-8338>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: bossolani.agro@gmail.com

Resumo

No cerrado, o sistema de plantio direto assume importância devido a não revolver o solo, utilizar culturas de cobertura e preconizar rotação de culturas. Assim, o presente trabalho de longa duração, foi desenvolvido objetivando avaliar nas safras 2015/16, 2016/2017 e 2017/18,

o efeito da quantidade de calcário aplicada ao longo do período, culturas de cobertura na entressafra e doses de nitrogênio, sobre os teores foliares de macronutrientes e produtividade de grãos do milho. O trabalho iniciou-se em 2000/01, em área experimental no município de Selvíria, MS, Brazil, em LATOSSOLO VERMELHO distrófico, onde se iniciou o sistema plantio direto. O delineamento foi o de blocos casualizados com três repetições, e os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5x2x3, ou seja, 5 combinações residuais de associação de calcário e gesso (6,92 (T1), 11,44 (T2), 7,73 (T3), 10,63 (T4) e 0,81 (T5) t ha⁻¹, onde T3 e T4 receberam em fevereiro/2017, 1,7 t ha⁻¹ de gesso), 2 culturas de cobertura na entressafra (*Crotalaria juncea* e *Pennisetum americanum*) e 3 doses de nitrogênio em cobertura no milho (0, 90 e 180 kg ha⁻¹). Os residuais das doses de calagem com ou sem gessagem não alteraram a produtividade de grãos de milho; o incremento das doses de N em cobertura proporcionou aumento na produtividade de grãos nos três anos agrícolas da pesquisa, sendo que a cultura do milho após crotalária apresentou menor demanda de nitrogênio.

Palavras-chave: *Crotalaria juncea*; *Pennisetum americanum*; Adubação Nitrogenada; *Zea mays*; Acidez do solo.

Abstract

No-tillage system in cerrado regions assumes importance due to the fact that it does not turn over the soil, to use cover crops and to recommend crop rotation. The objective of this research was to evaluate the effect of the amount of lime applied during the period, cover crops in the off season and nitrogen doses, in the 2015/16, 2016/2017 and 2017/18 crops in the nutrient leaf content and grain yield of maize. The study began in 2000/01 in an experimental area in the Selvíria, MS, Brazil in Oxisol, where the no-tillage system was initiated. The experimental design used was the randomized blocks with three replications in a factorial arrangement 5x2x3, consisting 5 residual combinations of lime and gypsum association (6.92 (T1), 11.44 (T2), 7.73 (T3), 10.63(T4) and 0.81(T5) t ha⁻¹, where T3 and T4 received in February/2017, 1.7 t ha⁻¹ of gypsum), 2 cover crops in the off-season (*Crotalaria juncea* and *Pennisetum americanum*) and 3 N doses as top dressing (0, 90 and 180 kg ha⁻¹). The residual doses of lime with or without gypsum did not change the grain yield of maize; the increase N doses as top dressing provided an increase in grain yield in the 3 agricultural years of the research, and the maize crop after crotalaria presented lower demand for nitrogen.

Key words: *Crotalaria juncea*; *Pennisetum americanum*; Nitrogen fertilization; *Zea mays*; Soil acidity.

Resumen

El sistema de no-labranza en las regiones de cerrado asume importancia debido a que no voltear el suelo, para usar cultivos de cobertura y para recomendar la rotación de cultivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la cantidad de cal aplicada durante el período, los cultivos de cobertura en la temporada baja y las dosis de nitrógeno, en los cultivos de 2015/16, 2016/2017 y 2017/18 en el contenido de nutrientes en las hojas y el rendimiento del grano de maíz. El estudio se inició en 2000/01 en una zona experimental de la Selvíria, MS (Brasil) en Ferralsol, donde se inició el sistema de siembra directa. El diseño experimental utilizado fue el de bloques aleatorios con tres réplicas en un arreglo factorial 5x2x3, que consistía en 5 combinaciones residuales de cal y yeso (6,92 (T1), 11,44 (T2), 7,73 (T3), 10,63 (T4) y 0,81 (T5) t ha⁻¹, donde T3 y T4 recibieron en febrero/2017, 1,7 t ha⁻¹ de yeso), 2 cultivos de cobertura en la temporada baja (*Crotalaria juncea* y *Pennisetum americanum*) y 3 dosis de N como recubrimiento (0, 90 y 180 kg ha⁻¹). Las dosis residuales de cal con o sin yeso no modificaron el rendimiento de los granos de maíz; el aumento de las dosis de N como recubrimiento superior proporcionó un aumento del rendimiento de los granos en los 3 años agrícolas de la investigación, y la cosecha de maíz después de la crotalaria presentó una menor demanda de nitrógeno.

Palabras clave: *Crotalaria juncea*; *Pennisetum americanum*; Fertilización con nitrógeno; *Zea mays*; Acidez del suelo.

1. Introdução

O Cerrado concentra a segunda maior formação vegetal brasileira, com área composta de aproximadamente 207 milhões de hectares, sendo superado apenas pela Amazônia. A região contém limitações como a baixa fertilidade natural dos seus solos, representada por elevada acidez, alta saturação por alumínio e baixa saturação por bases, o que interfere diretamente na disponibilidade de nutrientes para o pleno desenvolvimento das plantas (Bottega et al., 2013).

No entanto, existem fatores que corroboram para que o Cerrado seja um dos maiores potenciais agrícolas do país, dentre eles drenagem adequada, facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade, possibilidade de irrigação e elevada profundidade (Bernardi et al., 2003). O Cerrado com possibilidade de ocorrência de veranicos encontra no Sistema Plantio Direto (SPD) uma alternativa para enfrentar as restrições impostas pelo

ecossistema, quando comparados aos sistemas de preparo convencional, permitindo manter ou incrementar a produtividade das culturas (Freitas et al., 2013, 2014).

O SPD constitui-se numa prática eficiente para o controle de erosão, propicia maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas e químicas do solo com o aumento da matéria orgânica (Balbino et al., 1996). O emprego da calagem é fundamental para o sucesso do cultivo de grandes culturas, principalmente no Cerrado, atuando na neutralização de elementos tóxicos, como o alumínio e o manganês, no aumento da disponibilidade de nutrientes e na promoção de melhorias no solo (Oliveira et al., 2010).

Com o aumento da prática do SPD no Cerrado, surgem questionamentos em relação à calagem quanto à quantidade, época de aplicação e seu período residual, além da escolha da melhor cultura de cobertura utilizada na entressafra para manutenção de palhada e dose adequada de nitrogênio na cultura do milho, quando semeado em sucessão a diferentes tipos de culturas de cobertura. Cardoso et al. (2014) consideram que o uso do gesso agrícola pode melhorar o ambiente radicular em profundidade, verificado para a maioria das culturas anuais, como para o milho e soja. Essas respostas são atribuídas à melhor distribuição das raízes das culturas em profundidade no solo, o que proporciona às plantas o aproveitamento de maior volume de água, reduzindo danos causados por veranicos (Raij, 2011).

O manejo da adubação nitrogenada no sistema plantio direto requer estudos a médio e longo prazo que envolva os processos de transformação do N inseridos nos sistemas de rotação cultural em nível regional. Segundo Leal (2008), há evidências de possíveis interações entre o modo de aplicação do calcário e doses de nitrogênio, culturas de cobertura e quantidade ideal de nitrogênio a ser utilizada, tanto no que se refere a acidificação do solo pelos cultivos, como para o desempenho da cultura do milho.

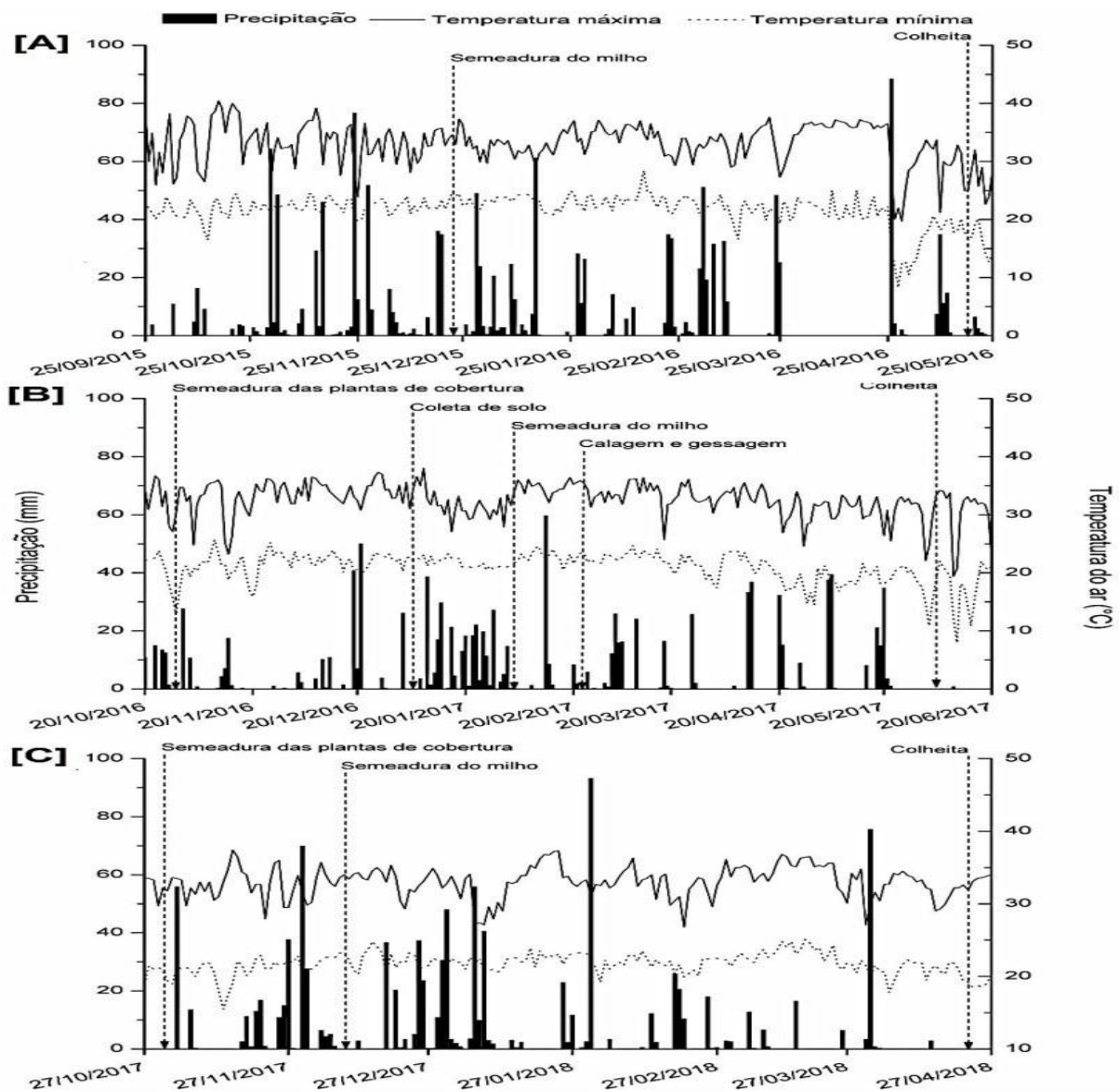
Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito residual da calagem e gessagem, aplicação de doses de nitrogênio e a influência de culturas de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto consolidado, em região de cerrado de baixa altitude.

2. Metodologia

O experimento vem sendo desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, (51°22'W e 20°22'S e altitude de 335 m, aproximadamente). A região tem como característica clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura e precipitação média anual de 24,5°C e 1.370 mm,

respectivamente, e umidade relativa do ar média anual de 64,8 % (Hernandez et al., 1995). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd) (Santos et al., 2018). Na Figura 1, encontram-se os dados de temperatura máxima e mínima e precipitação pluvial, ocorrida na área experimental, durante o período de condução das culturas de primavera e verão, nas safras agrícolas 2015/16, 2016/17 e 2017/18.

Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) durante as safras 2015/16 (A), 2016/17 (B) e 2017/18 (C). Selvíria - MS, Brasil, 2015-2018.



Fonte: Autores.

Os tratamentos foram aplicados após a implantação da cultura da soja na safra 2000/01, a qual foi semeada após preparo convencional do solo com aração e gradagens leves. Após a colheita da soja, para a implantação do sistema plantio direto, iniciou-se o trabalho com modos e épocas de aplicação de calcário e culturas de cobertura na entressafra, tendo a soja, como a cultura principal, cultivada no período de primavera/verão.

Os tratamentos iniciais constituíram-se de cinco modos e épocas de aplicação de calcário, sendo eles: T1 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001, incorporada a 0 – 0,20 m; T2 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001, em superfície; T3 - aplicação de 1/2 da dose recomendada em outubro de 2001 e 1/2 em agosto de 2002, todas em superfície; T4 - aplicação de 1/3 da dose recomendada em março de 2001, 1/3 em outubro de 2001 e 1/3 em agosto 2002, todas em superfície; T5 - testemunha (sem aplicação de calcário).

Nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, a soja foi novamente cultivada na área, sempre no período de primavera/verão, sempre com semeadura direta. As culturas de cobertura utilizadas foram, em junho de 2001, milho e sorgo, em outubro de 2001, milheto em área total e, em setembro de 2002, capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e sorgo.

A dose de calcário determinada foi de 1,59 t ha⁻¹ a partir dos resultados da análise química da amostra de solo da área experimental, apresentada na Tabela 1, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 70 %. O calcário utilizado apresentava as seguintes características: % CaO - 39,6 %, % MgO - 13 %; PN - 102 %; PRNT - 91 %; peneira ABNT 10 (2,0 mm) – 100 %, peneira ABNT 20 (0,84 mm) – 93 % e peneira ABNT 50 (0,3 mm) - 80 %.

Tabela 1. Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental¹. Selvíria-MS, 2000.

Prof. (m)	P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
							mmol _c dm ⁻³				
0-0,2	37	26	4,7	2,1	19	11	34	2	31,7	65,7	48

¹–metodologia de Raij e Quaggio (1983). Fonte: Autores.

O delineamento experimental inicial foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial (5 x 2), ou seja, 5 modos e épocas de aplicação de calcário e 2 culturas de cobertura em cada entressafra, com três repetições, onde cada parcela possuiu uma área de 12x15 m perfazendo um total de 180 m². A partir do ano agrícola 2003/04, as

culturas de cobertura sempre foram o milho e a crotalária, semeadas na primavera com o milho em sucessão (2003/04, 2004/05 e 2005/06), subdividindo-se as parcelas para a aplicação anual de doses de N (0, 90 e 180 kg ha⁻¹). Portanto, o experimento passou a possuir tratamentos dispostos em um esquema fatorial 5x2x3, ou seja, 5 modos de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto, 2 culturas de cobertura de primavera (crotalária e milho) e 3 doses de nitrogênio em cobertura (0, 90 e 180 kg ha⁻¹), utilizando-se como fonte o sulfato de amônio e/ou ureia, dependendo da disponibilidade do insumo. Todos os tratamentos apresentavam 3 repetições.

Nos anos agrícolas 2006/07, 2007/08 e 2008/09 a cultura da soja foi instalada como cultura de verão. Na safra 2006/07, teve-se então a soja na safra de verão e mantiveram-se as culturas de cobertura implantadas na primavera, modos de aplicação de calcário na implantação do SPD e residual das doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho nos anos agrícolas anteriores. Em outubro de 2007, foi reaplicado em superfície e em todas as parcelas dos tratamentos T1, T2 e T5, 812 kg ha⁻¹ de calcário. O delineamento experimental passou a ser o em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial de 3 x 2 x 3, sendo residual de 3 doses de nitrogênio em cobertura (0, 90, e 180 kg ha⁻¹), 2 culturas de cobertura milho (*Pennisetum americanum*) e crotalária (*Crotalaria juncea*) e residual de 3 modos de aplicação de calcário na implantação do SPD. As parcelas possuíam 5 m de largura e 12 m de comprimento.

Esses tratamentos foram avaliados na cultura da soja nos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09. No tratamento T4 não foi reaplicado calcário e no T3 foi aplicado em superfície 1.624 kg ha⁻¹ de calcário. Sendo assim, os tratamentos T2, T3 e T4, passaram a ser considerados um novo experimento com doses de calcário em superfície, mantendo-se o residual de doses nitrogênio aplicadas no milho e as culturas de cobertura semeadas na primavera. Esses tratamentos foram avaliados na cultura da soja nos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09. Nos anos agrícolas 2009/10, 2010/2011 e 2011/12 substituiu-se a soja pelo milho e mantiveram-se as culturas de cobertura de primavera, e aplicou-se novamente, as mesmas doses de nitrogênio em cobertura, utilizando-se desta vez, apenas o sulfato de amônio como fonte.

Nos anos agrícolas 2012/13, 2013/2014 e 2014/15 a cultura da soja substituiu o milho, mantendo-se as culturas de cobertura milho e crotalária, sendo estas semeadas na terceira semana de outubro/2012 e 2013 e na quarta semana de setembro/2014, respectivamente. Na primeira semana de dezembro/2012 em função dos resultados da análise de solo, as doses de calcário determinadas e aplicadas foram: T1 e T3 – 2,26 t ha⁻¹ (recomendada para elevar a

saturação por bases a 60%); T2 e T4 – 4,52 t ha⁻¹ (dobro da recomendação) e T5 – 0 t ha⁻¹ de calcário (testemunha). Utilizou-se nesta ocasião o calcário dolomítico, com % CaO – 28; % MgO – 20,0%; PN - 99% e PRNT - 80,3%.

Nos anos agrícolas 2015/16, 2016/17 e 2017/18, a cultura da soja foi substituída pelo milho e foram realizadas as seguintes atividades:

- Safra 2015/16: **17/09/15** – dessecação das plantas daninhas existentes na área e manutenção da área em pousio; **21/12/15** – semeadura do milho (híbrido DKB 350 VTPRO, 300 kg ha⁻¹ de 04-20-20) e **20/05/16** – colheita do milho;
- Safra 2016/17: **26/10/16** – dessecação das plantas daninhas existentes na área; **27/10/16** – semeadura das culturas de cobertura, onde adotou-se o espaçamento de 0,34 m entre linhas para ambas as culturas, com densidade de 20 kg ha⁻¹ de sementes de milho e 20 sementes por metro de sulco, para Crotalária; **15/12/16** – dessecação das culturas de cobertura; **02/02/17** – manejo da palhada com triton; **03/02/17** – semeadura da cultura do milho (híbrido BG 7049 YH, 300 kg ha⁻¹ de 04-20-20); **23/02/17** – aplicação de calcário, semelhante em termos de doses e parcelas a aplicação realizada em dezembro/2012. Acrescentou-se nos tratamentos T3 e T4, 1,7 t ha⁻¹ de gesso agrícola, aplicado em superfície simultaneamente a aplicação do calcário, de acordo com a metodologia proposta por Souza; Rein e Lobato (2006), considerando o solo como argiloso. O calcário utilizado apresentava as seguintes características: com % CaO – 40; % MgO – 10,0 % e 85 % de PRNT; **03/06/17** – colheita do milho. Portanto, desde 2001, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, receberam as seguintes quantidades de calcário, respectivamente: 6,92; 11,44; 7,73; 10,63 e 0,81 t ha⁻¹. Os tratamentos T3 e T4, também receberam 1,7 t ha⁻¹ de gesso.
- Safra 2017/18: **31/10/17** – dessecação das plantas daninhas e semeadura das plantas de cobertura (crotalária e o milho), as quais tiveram como espaçamento entrelinhas 0,34 m; **05/12/17** – dessecação das culturas de cobertura; **16/12/17** – semeadura da cultura do milho (híbrido 2B 710 PW, 200 kg ha⁻¹ de 08-28-16 como adubação de base e espaçamento entrelinhas de 0,90 m); **25/04/18** - colheita do milho.

Nos três anos agrícolas, as doses de nitrogênio foram aplicadas superficialmente e ao lado das plantas, parcelada em 2 vezes (geralmente as plantas encontravam-se com 4 e 8 folhas em cada aplicação), aplicando-se metade da dose em cada ocasião. A fonte de N utilizada nestes anos agrícolas foi a ureia. Procurou-se realizar o manejo da cultura em termos de plantas daninhas e pragas, de acordo com as recomendações para a cultura.

Durante os três anos, avaliou-se, na cultura do milho, o teor foliar de N, Ca e Mg no terço médio da folha oposta e abaixo da inflorescência feminina (espiga) conforme metodologia descrita por Raij et al. (1996) com determinações dos nutrientes (Malavolta et al., 1997). Determinou-se também a produtividade de grãos onde foram coletadas todas as espigas das plantas contidas em 2 linhas com 3 m de comprimento na área útil da parcela, as quais foram trilhadas mecanicamente, sendo os grãos pesados, os dados transformados em kg ha⁻¹ e corrigidos para umidade de 13% (base úmida).

Os dados das avaliações foram analisados pelo teste F e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5 %, para aplicação de corretivos e culturas de cobertura. Para as doses de N, realizou-se análise de regressão, ajustando-se a melhor equação. Para tanto utilizou-se o programa estatístico Agroestat®.

3. Resultados e Discussão

O teor de N foliar foi influenciado linear e positivamente nas três safras com o aumento das doses de N. O efeito independente de plantas de cobertura e corretivos (calcário + gesso), sobre essa variável ocorreu somente na safra 2017/18. Entretanto, verifica-se interação significativa entre culturas de cobertura x doses de N nos anos agrícola 2015/16 e 2017/18 e aplicação de corretivos x doses de N na safra 2015/16.

Tabela 2. Valores de F e médias dos teores foliares de N, Ca e Mg na cultura do milho em função de plantas de cobertura (PC) doses de calcário e gesso (CG) e doses de N (N). Selvíria – MS, 2015/16, 2016/17 e 2017/18.

Tratamentos	N			Ca			Mg		
	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18
----- g kg ⁻¹ -----									
Pl. Cobertura									
Crotalária	33,4	34,9	26,6	2,7	2,8	2,7	2,8	1,7	3,9
Milheto	32,9	39,9	29,6	2,5	2,4	2,6	2,8	1,6	4,0
Calcário + Gesso (t ha⁻¹)									
T1 - C: 6,92	34,2	38,5	27,6 ab	2,6	2,7	2,5 a	2,7	1,8	3,7 b
T2 - C: 11,44	32,6	36,4	25,5 b	2,6	2,5	2,6 a	3,1	1,6	4,6 a
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	34,6	39,3	27,8 ab	2,5	2,5	2,5 a	2,8	1,6	4,0 b
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	31,3	37,3	28,5 ab	2,6	2,6	2,7 a	2,8	1,6	3,9 b
T5 - C: 0,81	33,1	35,3	30,9 a	2,7	2,6	2,8 a	2,6	1,6	3,6 b
N (kg ha⁻¹)									
0	27,7	29,3	22,9	2,5	2,6	2,4	2,8	1,7	4,0
90	34,3	39,9	29,0	2,7	2,6	2,8	2,8	1,7	3,9
180	37,4	43,9	32,4	2,7	2,6	2,7	2,9	1,6	4,1
Teste F									
Pl. Cobertura (PC)	0,16 ^{ns}	12,67 ^{ns}	100,1 ^{**}	6,31 ^{ns}	8,55 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Calc. + Gesso (CG)	2,11 ^{ns}	2,57 ^{ns}	3,72 [*]	0,20 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,05 [*]	1,70 ^{ns}	0,14 ^{ns}	6,87 ^{**}
Nitrogênio (N)	44,30 ^{**}	80,62 ^{**}	49,73 ^{**}	1,84 ^{ns}	0,00 ^{ns}	14,03 ^{**}	0,49 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,03 ^{ns}
PC x CG	1,01 ^{ns}	2,75 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,87 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,38 ^{ns}	6,05 ^{**}
PC x N	5,30 ^{**}	0,01 ^{ns}	17,33 ^{**}	1,64 ^{ns}	1,14 ^{ns}	2,61 ^{ns}	1,61 ^{ns}	1,62 ^{ns}	1,86 ^{ns}
CG x N	2,72 [*]	1,66 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,86 ^{ns}	2,41 [*]	0,48 ^{ns}	5,58 ^{**}
PC x CG x N	1,65 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,96 ^{ns}	2,43 ^{ns}	1,77 ^{ns}	2,31 [*]	1,18 ^{ns}	2,08 ^{ns}
CV (%)	12,29	12,13	13,36	17,37	29,76	12,24	12,91	28,05	12,94
RL N	85,09 ^{**}	155,6 ^{**}	96,93 ^{**}	2,52 ^{ns}	1,00 ^{ns}	19,57 ^{**}	0,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,78 ^{ns}
RQ N	3,52 ^{ns}	5,59 [*]	2,53 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,20 ^{ns}	8,50 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,27 ^{ns}

** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

RQ N 16/17 – y = 29,25 + 0,1344x – 0,00029584x² (r² = 1,00)

RQ Ca 17/18 – y = 2,37733333 + 0,00671111x – 0,00002593x² (r² = 1,00)

Fonte: Autores.

Na safra 2016/17, o teor de N na folha foi influenciado apenas pelas doses do adubo nitrogenado, onde os resultados observados ajustaram-se a uma função quadrática, tendo como Dose Máxima de Eficiência Técnica (DMET) 227,15 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Na safra

2015/16, os teores foliares de nitrogênio no milho não diferiram quanto às culturas antecessoras.

No entanto, houve o incremento de N nas folhas conforme se aumentou a dose do adubo nitrogenado (Safrá 15/16), em ambas áreas previamente cobertas por resíduos de crotalaria e milho. Quando o milho foi cultivado sobre palhada de crotalaria houve ajuste linear crescente e em áreas de milho, os teores foliares de N ajustaram-se a uma função quadrática, com DMET de 148,24 kg ha⁻¹, indicando que possa haver uma provável imobilização deste nutriente pela cultura após essa dose (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de nitrogênio (g kg⁻¹) em folhas de milho em função de plantas de cobertura e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2017/18.

Plantas Cobertura	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
2015/16					
Crotalaria	29,6	32,8	37,8	29,99**	0,52 ^{ns}
Milho	25,8	35,8	37,1	57,28**	11,40**
2017/18					
Crotalaria	24,6 a	26,4 b	28,7 b	9,12**	0,05 ^{ns}
Milho	21,1 b	31,5 a	36,1 a	118,89**	6,07*
DMS 2015/16			4,3		
DMS 2017/18			2,3		

** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

RL Crotalaria 2015/16: $y = 29,322222 + 0,04525926x$ ($r^2 = 0,98$)

RQ Milho 2015/16: $y = 25,8066667 + 0,15922222x - 0,00053704x^2$ ($r^2 = 1,00$)

RL Crotalaria 207/18: $y = 24,4936667 + 0,02296667x$ ($r^2 = 0,99$)

RQ Milho 207/18: $y = 21,1253333 + 0,14785556x - 0,0003607x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Autores.

Diferente da safra 2015/16, os teores foliares N no milho na safra 2017/18 variaram em função das culturas antecessoras. Na safra 2017/18, na ausência de aplicação de N em cobertura, o maior teor foliar de N foi observado em área onde anteriormente foi cultivada a crotalaria, no entanto, quando se aplicou 90 ou 180 kg ha⁻¹ de N, o maior teor foliar de N foi obtido onde o milho antecedeu o milho como planta de cobertura (Tabela 3).

Os teores foliares de N dentro de cada cultura antecessora em função do incremento de doses na safra 2017/18 tiveram ajustes semelhantes aos teores obtidos no primeiro ano agrícola do experimento, onde o teor de N na folha apresentou linearidade quando a cultura

antecessora foi a crotalária e ajuste quadrático com DMET de 204,96 kg ha⁻¹ quando foi cultivado milho anteriormente ao milho.

Ainda na safra 2015/16, houve interação entre a aplicação de corretivos e doses de nitrogênio para teores foliares de N em milho, e ao realizar o desdobramento observa-se que há uma linearidade crescente dos teores conforme se aumentou a dose do insumo nitrogenado dentro dos tratamentos com uso de corretivos, exceto para o tratamento corretivo T3 onde não houve diferença, no ano agrícola 2015/16 (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de nitrogênio (g kg⁻¹) nas folhas de milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16.

Calcário + Gesso (t ha ⁻¹)	Doses de N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
T1 - C: 6,92	26,8 b	35,5	40,4	33,43**	0,89 ^{ns}
T2 - C: 11,44	27,4 b	33,8	36,6	15,30**	0,82 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	34,3 a	33,9	35,6	0,32 ^{ns}	0,28 ^{ns}
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	25,3 b	32,9	35,6	19,11**	1,44 ^{ns}
T5 - C: 0,81	24,8 b	35,6	39,0	35,93**	2,81 ^{ns}
DMS	6,5				

** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

RL T1: $y = 27,4222222 + 0,07555556x$ ($r^2 = 0,97$)

RL T2: $y = 27,9833333 + 0,0511111x$ ($r^2 = 0,94$)

RL T4: $y = 26,1138889 + 0,05712963x$ ($r^2 = 0,93$)

RL T5: $y = 26,0222222 + 0,07833333x$ ($r^2 = 0,92$)

Fonte: Autores.

Desta forma, é possível afirmar que independente da cultura antecessora ao milho e residual de corretivo no solo, os teores de N nas folhas aumentam conforme se aumenta as doses do fertilizante nitrogenado, sendo o milho eficiente no aproveitamento de nitrogênio. Esta resposta positiva ao incremento de doses, que a cultura apresenta, é benéfica visto que o N é o nutriente que mais limita a produção (Roberto et al., 2010), uma vez que ele exerce funções essenciais para o metabolismo vegetal.

Os teores de N nas folhas quando houve ausência de adubação em cobertura encontraram-se, em sua maioria, abaixo da faixa de suficiência para o pleno desenvolvimento da cultura (27 a 35 mg kg⁻¹), o qual foi definido por Cantarella et al. (1996). Entretanto, vale ressaltar que em todas as safras, na ausência da aplicação de nitrogênio em cobertura os maiores teores foliares do nutriente foram observados quando o milho foi cultivado sobre palhada de crotalária (Tabela 2).

As plantas leguminosas, como as do gênero *Crotalaria* são capazes de fazer associações com microrganismos capazes de fixar biologicamente o nitrogênio da atmosfera, onde, após manejo e decomposição da massa produzida por estas plantas, disponibiliza N para o meio, sendo este aproveitado pelas culturas em sucessão (Albuquerque et al., 2013; Kappes; Zancanaro, 2015; Santos et al., 2010).

Em contrapartida, quando houve fornecimento de N em cobertura nas três safras, os maiores teores foliares deste macronutriente na folha diagnose foram observados com cultivo de milho sobre palhada de milheto. O suprimento adequado de N às plantas é mantido quando o solo está protegido com cobertura vegetal, a qual evita a perda de nitrato por lixiviação, maior volatilização e desnitrificação.

O teor de cálcio nas folhas de milho foi influenciado apenas pelo incremento de doses de N e somente no ano agrícola 2017/18 (Tabela 2). Os resultados obtidos ajustaram-se a uma função quadrática com DMET de 129,41 kg ha⁻¹ de N. Os teores encontrados no experimento encontram-se dentro da faixa de 2,5 a 8,0 g kg⁻¹ de Ca na folha (Cantarella et al., 1996) e, são considerados adequados para a cultura do milho. Mesmo considerando o calcário e o gesso como as principais fontes de cálcio para as culturas, nos experimentos realizados, não houve aumento do teor foliar deste nutriente em função das maiores doses de calcário utilizadas, na presença ou ausência de gesso.

Quanto aos teores do macronutriente magnésio nas folhas, verificou-se interação entre o residual de corretivos e doses de N na safra 2015/16 e 2017/18 e interação entre culturas antecessoras e residual de corretivos na safra 2017/18 (Tabelas 5 e 6). O tratamento com residual de 11,44 t ha⁻¹ (T2), a maior dose de calcário aplicada durante o período de experimentação, promoveu os maiores teores de Mg nas folhas de milho nas diferentes doses de N aplicadas nas duas safras (Tabela 5). Este fato se deve em função do calcário utilizado ter elevada concentração de MgO em sua composição, sendo considerado calcário dolomítico.

Tabela 5. Teor de magnésio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em função de doses de calcário e doses de N. Selvíria – MS, 2015/16 e 2017/18.

Calcário + Gesso (t ha^{-1})	Doses N (kg ha^{-1})			RL	RQ
	0	90	180		
2015/16					
T1 - C: 6,92	2,8	2,7	2,7	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}
T2 - C: 11,44	2,9	3,1	3,3	3,14 ^{ns}	0,04 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	3,1	2,5	2,8	3,05 ^{ns}	6,98*
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	2,5	3,0	2,9	4,04*	2,13 ^{ns}
T5 - C: 0,81	2,7	2,6	2,6	0,33 ^{ns}	0,04 ^{ns}
2017/18					
T1 - C: 6,92	3,8 bc	3,5 b	3,7 b	0,10 ^{ns}	1,22 ^{ns}
T2 - C: 11,44	4,3 ab	4,7 a	4,9 a	5,11*	0,33 ^{ns}
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	4,8 a	3,4 b	3,8 b	10,70**	11,66**
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	3,2 c	4,2 ab	4,4 ab	14,98**	2,79 ^{ns}
T5 - C: 0,81	3,7bc	3,6 b	3,6 b	0,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}
DMS 2015/16	0,8				
DMS 2017/18	0,9				

** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

RQ T3 2015/16: $y = 3,13833333 - 0,0127037x + 0,00005926x^2$ ($r^2 = 1,00$)

RL T4 2015/16: $y = 2,58 + 0,00244444x$ ($r^2 = 0,67$)

RL T2 2017/18: $y = 4,31222222 + 0,0037222x$ ($r^2 = 0,93$)

RQ T3 2017/18: $y = 4,73 - 0,02487037x + 0,00010823x^2$ ($r^2 = 1,00$)

RL T4 2017/18: $y = 3,38472222 + 0,00626852x$ ($r^2 = 0,83$)

Fonte: Autores.

Além disso, o fato do T2 não ter elevado aporte de Ca, proveniente da adição de gesso, pode ter favorecido a maior absorção do Mg, uma vez que o aumento na concentração de Ca^{2+} na solução do solo reduz a absorção de Mg^{2+} pelas plantas por competirem pelo mesmo sítio de adsorção no solo (Marschner, 2012). Os teores foliares de magnésio no ano agrícola 2015/16 ajustaram-se às funções quadrática e linear crescente, respectivamente para os tratamentos T3 e T4, em função das doses de N utilizadas. No ano agrícola 2017/18, os ajustes foram lineares crescentes para os tratamentos T2 e T4 e quadrático para o tratamento T3. Destaca-se que, nos tratamentos com as maiores doses de calcário aplicadas, o teor foliar de magnésio foi crescente em função das doses de N aplicadas (Tabela 5).

Os maiores teores foliares de Mg verificados no desdobramento da interação entre culturas antecessoras e residual de corretivos na safra 2017/18, foram encontrados também no tratamento com adição de $11,44 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário (T2) ao longo dos anos, assim como na Tabela 5, sendo este superior quando a cultura antecessora ao milho foi o milheto (Tabela 6). No entanto, todos os tratamentos proporcionaram teores de magnésio nas folhas diagnose de

milho adequados (1,5 a 5,0 g kg⁻¹) para o bom desenvolvimento da planta, segundo Cantarella et al. (1996).

Tabela 6. Teor de magnésio (g kg⁻¹) nas folhas de milho em função das plantas de cobertura e doses de calcário. Selvíria – MS, 2017/18.

Plantas de Cobertura	Calcário + Gesso					DMS
	T1	T2	T3	T4	T5	
Crotalária	3,9	4,0b	3,8	4,2	3,8	1,0
Milheto	3,4 B	5,3Aa	4,1 B	3,7 B	3,4 B	
DMS	0,8					

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

O aumento das doses de N, em cobertura no milho, proporcionou incremento na produtividade de grãos nas safras 2015/16 e 2017/18, independente da cultura antecessora. Já na safra 2016/17, a produção aumentou somente em área de milho (Tabela 7). Tratando-se da safra 2015/16, é possível notar que a produtividade de grãos aumentou linearmente conforme houve incremento de doses de N, respondendo positivamente a adubação nitrogenada.

Tabela 7. Valores de F e médias de produtividade de grãos na cultura do milho em função das plantas de cobertura, residual de corretivos e dose de N. Selvíria – MS, 2015/16, 2016/17 e 2017/18.

Tratamentos	Produtividade de grãos ----- kg ha ⁻¹ -----		
	2015/16	2016/17	2017/18
Plantas Cobertura			
Crotalária	4487	3692	5718
Milheto	4782	4857	4826
Calcário + Gesso (t ha⁻¹)			
T1 - C: 6,92	4670	4324 ab	5581 a
T2 - C: 11,44	4640	4629 a	5516 a
T3 - C: 7,73 + G: 1,70	4543	4326 ab	5492 a
T4 - C: 10,63 + G: 1,70	4885	4260 ab	5492 a
T5 - C: 0,81	4435	3834 b	4438 a
Dose N (kg ha⁻¹)			
0	4106	4227	4240
90	4859	4274	5666
180	4939	4322	5908
Teste F			
Planta Cobertura (PC)	0,63 ^{ns}	44,41*	1,25 ^{ns}
Calcário + Gesso (CG)	0,91 ^{ns}	4,55*	3,07*
Nitrogênio (N)	5,82**	0,11 ^{ns}	15,13**
PC x CG	2,94 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,10 ^{ns}
PC x N	1,09 ^{ns}	3,64*	1,64 ^{ns}
CG x N	0,35 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,88 ^{ns}
PC x CG x N	1,63 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,98 ^{ns}
CV (%)	22,51	18,06	24,07
RL N	9,56**	0,23 ^{ns}	25,90**
RQ N	2,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	4,35*

** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

RL produtividade 2015/16: $y = 4218,03333 + 4,62962963x$ ($r^2 = 0,82$)

RQ Produtividade 2017/18: $y = 1240,46667 + 22,4203704x - 0,07307819x^2$ ($r^2 = 1,00$)

Fonte: Autores.

Na safra 2016/17 as doses de N foram significativas para produtividade de grãos somente em área em que o milho foi a cultura antecessora, com ajuste linear crescente. Os ganhos produtivos em milho semeado sobre palhada de milho variaram de 550 a 1548 kg ha⁻¹ em relação às áreas com resíduos de crotalária dentro de cada dose do fertilizante nitrogenado (Tabela 8).

Tabela 8. Produtividade de grãos em função das doses de nitrogênio e plantas de coberturas. Selvíria – MS, 2016/17.

Plantas de Cobertura	Doses N (kg ha ⁻¹)			RL	RQ
	0	90	180		
Crotalária	3952	3575 b	3549 b	2,05 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Milheto	4502	4973 a	5097 a	4,44 [*]	0,51 ^{ns}
DMS	630				

** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

RL Milheto: $y = 4560,44444 + 3,30148148x$ ($r^2 = 0,89$). Fonte: Autores.

As maiores produtividades obtidas nas safras (2015/16 e 2016/17) em áreas previamente cultivadas com milheto (Tabela 7), em comparação às áreas de crotalária, pode ser justificada pelo melhor desempenho devido a influência do nitrogênio disponibilizado pela cultura antecessora (soja) durante os anos anteriores na área experimental. Quando a opção for o milheto antecedendo o cultivo de milho, normalmente objetivando maior cobertura do solo, sua adoção apresenta maior viabilidade em cultivos após soja.

Em contrapartida, na última safra da pesquisa (2017/18) o melhor desempenho produtivo do milho foi obtido quando cultivado sobre palhada de crotalária indicando que no terceiro ano, a utilização de crotalária permite resultados superiores. Assim, a falta de resposta do milho ao uso de uma leguminosa antecedendo seu cultivo no primeiro ano e segundo ano deve-se, provavelmente, ao cultivo anterior de soja. Esse fato possibilitou o bom desenvolvimento e a produção do milheto, aproveitando o N adicionado ao sistema pela soja e disponibilizando-o com a decomposição da palhada, durante o ciclo do milho.

O milheto tem se destacado por acumular mais N, P e S, enquanto a crotalária acumula maior quantidade de Ca (Soratto et al., 2012). Além disso, é capaz de extrair quantidades consideráveis de nutrientes em um curto espaço de tempo, principalmente de N e K (Crusciol; Soratto, 2009) além de apresentar maior taxa de decomposição e de liberação de nutrientes quando comparado a crotalária.

Segundo Conab (2017, 2018 e 2019), as médias de produtividade do milho no Brasil foram respectivamente para as safras 2015/16, 2016/17 e 2017/18, 4178, 5562 e 4857 kg ha⁻¹. Na Tabela 7, verifica-se que os valores de produtividade obtidas foram próximo, inferior e superior, respectivamente, quando comparados às produtividades médias apresentadas pela Conab.

As menores produtividades obtidas nos três anos agrícolas foram as do ano 2016/17 e as melhores na safra 2017/18. Atribui-se a época de semeadura utilizada na safra 2016/17, condições climáticas presentes e somente após a implantação da cultura é que foi realizada a aplicação dos corretivos, portanto, pouco tempo para reação do corretivo no solo. No terceiro ano agrícola de cultivo do milho, as condições climáticas foram mais favoráveis (Figura 1) e houve um maior tempo da presença do corretivo e do gesso no solo, levando a obtenção de maiores produtividades.

Com relação ao tempo de reação do calcário aplicado em área com sistema plantio direto, cita-se os resultados obtidos por Caires et al. (2006), ou seja, os mesmos não verificaram influência do calcário aplicado em superfície, independente da dose, sobre o rendimento de grãos, teores foliares de macro e micronutrientes no milho em LATOSSOLO VERMELHO distrófico areno-argiloso. A pouca influência dos modos de calagem sobre os teores de Ca e Mg pode estar relacionada ao tempo decorrido entre as aplicações e o plantio de milho ou uma possível, menor exigência ou menor sensibilidade do milho cultivado em sistema plantio direto à correção do solo.

4. Considerações Finais

As doses de calcário, com ou sem gesso, de forma geral, não alteraram a produtividade grãos de milho em SPD.

O incremento da dose de N em cobertura proporcionou incremento na produtividade de grãos, principalmente em anos com melhor disponibilidade hídrica, independente da calagem ou gessagem.

A demanda por fertilizante nitrogenado pela cultura do milho é menor quando este é cultivado em sucessão a crotalária.

A resposta do milho a adubação nitrogenada foi maior quando a cultura antecessora nos anos agrícolas 2015/16 e 2016/17 foi o milheto e em 2017/18, a crotalária.

Por ser um experimento de longa duração, alguns resultados obtidos nos estimulam na realização de novas pesquisas, com intuito de obter informações passíveis de utilização na agricultura sustentável.

Assim, pesquisas com o intuito de compreender porque as doses de calcário utilizadas no longo período de experimentação, não alteraram a produtividade média do milho, considerando a fertilidade do solo utilizado; identificar o potencial da *Crotalária juncea* ou outra espécie como fonte de N, quando esta antecede a cultura do milho e se esta tem

potencial acidificador do solo; identificar a dose econômica de N para as condições clima e fertilidade do solo utilizada e estimar o tempo de caminhamento da correção do solo no perfil, em função da aplicação do calcário em superfície e do sistema de sucessão de culturas utilizado.

Referências

Albuquerque, A. W., Santos, J. R., Filho, G. M., & Reis, L. S. (2013). Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(7), 721-726.

Balbino, L. C., Moreira, J. A. A., Silva, J. G., Oliveira, E. F., & Oliveira, I. P. (1996). Plantio Direto. In: Araujo, R. S, Rava, C. A, Stone, L. F, Zimmermann, M. J. O. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 301-352.

Bernardi, A. C. C., Machado, P. L. O., Freitas, P. L., Coelho, M. R., Leandro, W. M., Júnior, J. P. O., Oliveira, R. P, Santos, H. G., Madari, B. E., & Carvalho, M. C. S. (2003). *Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, documentos, 46 22.

Bottega, E. L., Queiroz, D. M., Pinto, F. A. C., & Souza, C. M. A. (2013). Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, 44(1):1-9. doi.org/10.1590/S1806-66902013000100001

Caires, E. F., Garbuió, F. J., Alleoni, L. R. F., & Cambri, M. A. (2006). Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(1): 87-98

Cantarella, H., Raij, B. V., & Camargo, C. E. O. Cereais. (1996). In: Raij, B. van, Cantarella, H, Quaggio, J. A, Furlani, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico, 45-47.

Cardoso, J. A. E., Peres, G. C. M., & Lambert, R. A. (2014). Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Enciclopédia Biosfera*, 10(18),1980-1987.

Companhia Nacional De Abastecimento - CONAB. (2018). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Brasília.

Crusciol, C. A. C., & Soratto, R. P. (2009). Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. *Agronomy Journal*, 101, 40-46.

Freitas, R. M. O., Dombroski, J. L. D., Freitas, F. C. L., Nogueira, N. W., & Procópio, I. J. S. (2013). Produção de feijão-caupi sob efeito verânico nos sistemas de plantio direto e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, 34 (6), 3683-369. dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3683

Freitas, R. M. O., Dombroski, J. L. D., Freitas, F. C. L., Nogueira, N. W., & Pinto, J. R. S. (2013). Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional . *Bioscience Journal*, 30(2), 393-401.

Hernandez, F. B. T. (1995). *Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira*. Ilha Solteira: UNESP/FEIS - Área de Hidráulica e Irrigação, 45. (Série irrigação, 01).

Kappes, C., & Zancanaro, L. (2015). Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 14, 219-234.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. (2a ed.), Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 319.

Marschner, P. (2012). *Marschner 's mineral nutrition of higher plants*. (3a ed.), New York, Academic Press, 651.

Oliveira, C. M. R., Passos, R. R., Andrade, F. V., Reis, E. F., Sturm, G. M., Souza, R. B. (2010). Corretivo da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(1), 25-31. doi: 10.5039/agraria.v5i1a541

Raij, B., Cantarella, H., & Quaggio, J. A. (1996). (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônômico, 285. (Boletim técnico, 100).

Raij, B. (2011). *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: IPNI.

Roberto, V. M. O., Silva, C. D., & Lobato, P. N. (2010). Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In.: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 18, 2010. Goiânia. *Resumos...* Goiânia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo.

Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. (5a ed.), Brasília, DF: Embrapa.

Santos, P. A., Silva, A. F. D., Carvalho, M. A. C. D., & Caione, G. (2010). Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 9, 123-134.

Soratto, R. P., Crusciol, C. A. C., Costa, C. H. M., Ferrani Neto, J., & Castro, G. S. A. (2012). Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(10): 1462-1470.

Souza, D. M. G., Lobato, E., & Rein, T. A. (2006). *Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado*. Plantaltina, DF: Embrapa Cerrados.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Vinicius Cábrio Fernandes – 25%

Edson Lazarini – 25%

Izabela Rodrigues Sanches – 25%

Fabiana Lopes dos Santos – 12,5%

João William Bossolani – 12,5 %