

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITARIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM PARA O SISTEMA  
SOJA/MILHO NA REGIAO DE TRANSIÇÃO  
CERRADO/AMAZÔNIA**

**Adenilson Carlos Pinto**

Engenheiro Agrônomo

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITARIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM PARA O SISTEMA  
SOJA/MILHO NA REGIAO DE TRANSIÇÃO  
CERRADO/AMAZÔNIA**

**Adenilson Carlos Pinto**

**Orientador: Prof. Dr. Anderson Lange**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Agronomia.

**Setembro de 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

C284d	<p>Carlos Pinto, Adenilson. Recomendação de calagem para o sistema soja/milho na região de transição Cerrado/Amazônia/ Adenilson Carlos Pinto. – 2021 ii, 65 f.; 30 cm.</p> <p>Orientador: Anderson Lange. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Sinop, 2021. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Calagem. 2. Fertilidade do solo. 3. Nutrição de plantas. I. Título.</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "Recomendação de calagem para o sistema soja/milho na região de transição Cerrado/Amazônia"

AUTOR (A): MESTRANDO (A) Adenilson Carlos Pinto

Dissertação defendida e aprovada em 02/09/2021.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor(a) Anderson Lange (Presidente Banca / Orientador)  
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
2. Doutor(a) Onã da Silva Freddi (Examinador Interno)  
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
3. Doutor(a) Antonio Eduardo Furtini Neto (Examinador Externo)  
INSTITUIÇÃO: Universidade Federal Lavras - UFLA
4. Doutor(a) Ciro Augusto de Souza Magalhães (Examinador Externo)  
INSTITUIÇÃO: Embrapa Agrossilvipastoril
5. Doutor(a) Cassiano Spaziani Pereira (Examinador Suplente)  
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
6. Doutor(a) Camila Moreira de Souza (Examinador Suplente)  
INSTITUIÇÃO: Pest Field Agentes Biológicos Ltda

SINOP, 02/09/2021.



Documento assinado eletronicamente por **ANDERSON LANGE, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 08/10/2021, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ciro Augusto de Souza Magalhães, Usuário Externo**, em 08/10/2021, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Eduardo Furtini Neto, Usuário Externo**, em 11/10/2021, às 12:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ONA DA SILVA FREDDI, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 13/10/2021, às 09:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3997572** e o código CRC **4F2E64BD**.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Adenilson Carlos Pinto, nascido em São Sebastião da Amoreira – Paraná, aos 11 de agosto de 1982. Possui Curso Técnico em Agricultura pela E.T.E. Antônio Eufrásio de Toledo - Presidente Prudente – SP (2001); Graduação em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Sinop – MT (2010); Especialização em Relações Raciais na Sociedade Brasileira, pela Universidade Aberta do Brasil (UAB - UFMT) (2012); Graduação em Agronomia pela Faculdade Centro Mato-Grossense - FACEM (2018), com sede em Sorriso - MT; Curso de Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Universidade Educacional de Brasília - UNEB (2019). Atuação profissional: Técnico em Agricultura, Fazenda Dalmolin (2003-2009 e 2013-2015); NFP Consultoria Agrônômica (2010-2011); Professor contratado pela Escola Municipal Jardim Bela Vista e Escola Estadual 13 de Maio, ministrando aulas de Matemática no ensino fundamental e médio, município de Sorriso - MT (2012 e 2016). Atualmente, é empresário, trabalhando com consultoria agrônômica e planejamento nas culturas de algodão, arroz, feijão, gergelim, milho, soja.

“Cuidem do que é mais precioso, que é o solo”. Dele depende a água, o ar e nossa comida. O básico da nossa sobrevivência, o resto é supérfluo. Temos que viver e cuidar da natureza pois fazemos parte dela”.

(Ana Maria Primavesi).

## DEDICATÓRIA

A minha esposa que sempre esteve ao meu lado me ajudando e apoiando nas dificuldades. Aos meus pais que me deram toda a base para a busca do conhecimento, tornando-me melhor a cada dia.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha saúde, e oportunidade de desenvolver planos e projetos para o futuro.

Aos meus Pais Francisco das Chagas Pinto e Cindinalva Gonçalves Pinto, por terem me criado e educado para viver em sociedade com responsabilidade.

Aos meus Professores da Educação Básica, por terem me motivado e ensinado para dar continuidade aos estudos, e os de graduação e pós-graduação por manterem esses ensinamentos e motivação.

À minha Esposa pelo companheirismo e compreensão nos momentos em que tive de me dedicar aos estudos, reduzindo o meu tempo de atenção para estar ao seu lado.

Ao meu orientador Professor Doutor Anderson Lange pela dedicação e ensinamentos de preciosa orientação.

Aos meus amigos do Programa Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso, campus Sinop, em especial à Bruna Larissa da Silva dos Santos.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, a oportunidade de minha formação pessoal e intelectual.



## SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT .....	iii
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Corretivos de acidez.....	3
2.2 Métodos de calagem .....	7
2.3 Sistema Plantio Direto e uso do calcário .....	9
2.4 Culturas de soja e milho no bioma cerrado .....	10
REFERÊNCIAS.....	11
CAPITULO 2 – CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO: USO DE CORRETIVOS E PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO .....	18
RESUMO.....	18
ABSTRACT .....	19
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	21
2.1 Descrição da área experimental.....	21
2.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	23
2.3 Instalação e condução do experimento .....	24
2.3.1 Cultura da soja .....	25
2.3.2 Cultura do milho .....	25
2.4 Amostragem do solo .....	26
2.5 Análises estatísticas.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
3.1 Atributos do solo.....	27
3.2. Avaliação na cultura do milho.....	33
3.3. Avaliação na cultura da soja.....	39
3.4 Produtividade acumulada e o retorno financeiro no período avaliado .....	44
4. CONCLUSÕES .....	47
5. REFERÊNCIAS.....	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	54

## RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM PARA O SISTEMA SOJA/MILHO NA REGIÃO DE TRANSIÇÃO CERRADO/AMAZÔNIA

**RESUMO** - Nas áreas consolidadas sob o sistema de plantio direto, a adequada construção e manutenção na correção da acidez do solo é uma estratégia para aumentar a produção agrícola. Este estudo considerou a hipótese de que a saturação por bases estimada pelos métodos mais utilizados não consegue atingir os valores iguais ou próximos aos desejados e assim o aumento nas doses e o uso de diferentes fontes de calcário em um solo de textura média sob SPD consolidado pode melhorar os atributos químicos do solo e aumentar a produtividade das culturas da soja e do milho. Objetivou-se avaliar o aumento nas doses de calcário, com base em dois métodos de cálculo da calagem e a mistura entre corretivos, realizando ou não a incorporação na camada de 0 a 0,20 m, buscando os efeitos na melhoria do solo e o incremento em produtividade no sistema soja/milho durante dois anos consecutivos. Foram utilizados dois calcários com diferentes concentrações de Ca e Mg, um com 30,6% de CaO e 18,1% de MgO e o outro com 47% CaO e 0,3% MgO, doravante chamados de C1 e C2, respectivamente. Para o cálculo das doses, utilizou-se o método da saturação por bases ou V%, e o método da elevação dos teores de Ca e Mg do solo com base nos teores de Ca e Mg dos calcários. A calagem foi realizada no dia 09 de outubro de 2018, em uma área de plantio direto consolidado no município de Querência-MT, estabelecendo-se oito tratamentos em campo com quatro repetições. Os tratamentos foram (T1): sem calagem; (T2): V% 75; (T3): 1,75\*T2; (T4): 3,27\*T2, todos com calcário C1 em superfície; (T5): 60% de Ca e 20% de Mg na CTC, (T6): 75% de Ca e 25% de Mg na CTC, com a mistura entre os calcários C2 e C1; (T7): 3,6\*T2, dividido em duas épocas, com calcário o C2 na implantação e C1 aos 8 meses, e (T8): 3,6\*T2, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1). Avaliaram-se os componentes de produção e produtividade da soja e do milho e coletaram amostras de solo após a colheita do milho, em junho de 2019 e 2020. A calagem realizada com incorporação obteve melhor resultado apenas na primeira safra, o aumento de doses não resultou em incremento produtivo significativo para o período avaliado, a mistura entre os corretivos proporcionou melhores teores de Ca e Mg no solo e a relação entre eles ficando acima de 3:1, os dois métodos subestimaram as doses de calcário na correção desejada.

**Palavras-chave:** Calagem, Fertilidade do Solo, Nutrição de Plantas

## LIME RATE IN DIRECT SOWING IN MT: HOW MUCH CAN WE USE IN THE SOYBEAN/CORN SYSTEM

**ABSTRACT** - In areas consolidated under the no-tillage system, proper construction and maintenance to correct soil acidity is a strategy to increase agricultural production. This study considered the hypothesis that base saturation estimated by the most used methods cannot reach the same or close to the desired values and thus the increase in doses and the use of different sources of lime in a medium textured soil under consolidated SPD may improve the chemical attributes of the soil and increase the productivity of soybean and corn crops. The objective was to evaluate the increase in lime doses, based on two methods of liming calculation and the mixture between correctives, with or without incorporation in the 0 to 0.2 m layer, looking for the effects on improving the soil and the increase in productivity in the soybean/corn system for two consecutive years. Two limestones with different concentrations of Ca and Mg were used, one with 30.6% of CaO and 18.1% of MgO and the other with 47% CaO and 0.3% MgO, hereinafter called C1 and C2, respectively. To calculate the doses, the base saturation or V% method was used, and the method of increasing the Ca and Mg contents of the soil based on the Ca and Mg contents of the limestones. Liming was carried out on October 9, 2018, in a consolidated no-tillage area in the municipality of Querência-MT, establishing eight field treatments with four replications. The treatments were (T1): without liming; (T2): V% 75; (T3):  $1.75 \cdot T2$ ; (T4):  $3.27 \cdot T2$ , all with C1 limestone on the surface; (T5): 60% Ca and 20% Mg in CTC, (T6): 75% Ca and 25% Mg in CTC, with a mixture of limestones C2 and C1; (T7):  $3.6 \cdot T2$ , divided into two seasons, with limestone C2 at implantation and C1 at 8 months, and (T8):  $3.6 \cdot T2$ , being  $\frac{1}{2}$  incorporated (C2) and  $\frac{1}{2}$  on surface (C1). The components of production and productivity of soybean and corn were evaluated and soil samples were collected after the corn harvest, in June 2019 and 2020. Liming carried out with incorporation obtained better results only in the first harvest, the increase in doses did not result in a significant productive increase for the period evaluated, the mixture between the correctives provided better contents of Ca and Mg in the soil and the ratio between them being above 3:1, the two methods underestimated the doses of lime in the desired correction.

Keywords: Liming, Soil Fertility, Plant Nutrition

## **CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, o Brasil se destaca como o maior produtor de grãos do mundo com cerca de 250,5 milhões de toneladas, com destaque para as culturas da soja e do milho com mais de 48 e 40% na safra 2019/20, respectivamente (CONAB, 2020).

O Centro-Oeste é uma importante região produtora do País e, na safra de 2019/2020, foi responsável por cerca de 46% da produção de grãos, com destaque para o Estado de Mato Grosso (MT), com 28% do total produzido (IBGE, 2020) cujas terras cultivadas estão prioritariamente no Bioma Amazônico e Cerrado. Os solos desses biomas são ácidos com baixa fertilidade natural, necessitando de correção para se tornarem passíveis de exploração agrícola, condição que pode ser alcançada com a utilização de corretivos e fertilizantes.

Um dos principais corretivos utilizados na construção da fertilidade dos solos é o calcário, ele está entre os mais baratos para uso agrícola, responsável pela correção do pH do solo, além de disponibilizar nutrientes para o desenvolvimento das culturas. Os efeitos da calagem na correção do solo são bem conhecidos. No entanto, a expansão da exploração agrícola para novas regiões do Cerrado em Mato Grosso e na borda sul-amazônica, regiões de maior índice pluviométrico e temperaturas elevadas durante todo o ano, tem demandado estudos mais minuciosos nessa temática (SOARES et al., 2020), ou seja, a elaboração de um manual de adubação e calagem para diferentes culturas para transição Cerrado-Amazônia e Amazônia.

A acidez do solo é um dos principais limitantes da produção em áreas agrícolas em diversos locais do mundo e a deficiência de Ca, Mg e toxidez por alumínio são condições comuns nos solos ácidos.

Outro aspecto comum foi a adoção de tecnologias na correção com base em estudos de outras regiões, entre eles os métodos de calagem da saturação de bases e o de neutralização do Al tóxico para a maioria das plantas e elevação dos teores de Ca e Mg no solo, no qual na região não existe recomendações de calagem e adubação

para transição Cerrado-Amazônia e Amazônia. (CALEGARI et al., 2013; MARTINS et al., 2014a; CRUSCIOL et al., 2016b; SANTOS et al., 2018).

A partir da década de 90, o plantio convencional foi deixando de ser utilizado, com o crescimento do sistema plantio direto, porém os métodos para cálculo da calagem permaneceram os mesmos que foram estabelecidos com base nos estudos para sistema de cultivo convencional e com incorporação do calcário (VIEIRA et al., 2013; SANTOS et al., 2018), diferentemente do manejo das áreas sob plantio direto (MARTINS et al., 2014b; CRUSCIOL et al., 2016a, 2016b; JORIS et al., 2016).

No sistema plantio direto, a calagem deixou de ser incorporada na camada de 0 a 0,20 m, condição que favorece uma alta concentração do corretivo nas camadas superficiais, e um déficit nas camadas inferiores, abaixo de 10 cm. Assim, muito ainda se discute sobre a melhor forma de aplicação da calagem bem como quanto a sua eficiência (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; ANDRADE et al., 2019).

O aumento das doses na realização da calagem tem gerado questionamentos em função da busca pelo incremento em produtividade na agricultura, além da sua viabilidade econômica (GONÇALVES et al., 2011; FRANCISCO; KAPPES, 2012).

Estudos com o aumento de doses têm mostrado efeitos benéficos para as culturas com reação mais benéfica ao longo dos cultivos (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; NICOLODI; ANGHINONI; GIANELLO, 2008). Recentemente, alguns estudos têm mostrado que o método da saturação por bases não tem atingido os valores determinados tanto em campo quanto em ambiente controlado em solos mato-grossenses, além de que se tem utilizado em demasia calcário com altos teores de magnésio e sem muita atenção para a relação Ca/Mg do solo, desbalanceando essa relação nas áreas agrícolas do Estado (MARASCHIN, 2009; CHAPLA, 2017; LANGE et al., 2021).

A mistura de corretivos também tem sido questionada. As recomendações mais antigas indicavam apenas a utilização de calcário dolomítico, como os trabalhos de Caires, Banzatto e Fonseca (2000), os quais, utilizando apenas o calcário dolomítico em solos de Ponta Grossa-PR, tiveram excelentes resultados em áreas consolidadas sob plantio direto já com a mudança no sistema de produção. Entretanto, trabalhos mais recentes como os de Dalla Nora et al. (2017) indicam que além do calcário, o suprimento de gesso como fonte de Ca é importante para melhorar o perfil em

profundidade, mostrando bons resultados. Dúvidas ainda persistem sobre a viabilidade de se utilizar calcários com altos teores de cálcio para correção do solo, o balanço nutricional, crescimento radicular e a forma de sua aplicação no solo (BORTOLUZZI et al., 2014; RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015).

Com o avanço da agricultura em regiões de transição Cerrado-Amazônia e Amazônia, que possuem uma condição climática distinta do Cerrado, associado a falta de manuais de recomendação de adubação e calagem principalmente para áreas de semeadura direta com a sucessão soja/milho, o estudo buscou esclarecer as seguintes hipóteses: i) o aumento das doses de calcário, é benéfica para os solos na região tropical de transição cerrado/amazônia; ii) o método para calcular as doses de calcário é eficiente para se atingir a correção desejada, considerando os altos volumes pluviométricos e temperaturas que ocorrem ao longo do ano, ou há necessidade de extrapolar as doses; iii) a mistura de calcário melhora a correção do solo para obter maior produtividade da sucessão soja/milho; iv) se a aplicação superficial de calcário devido ao maior volume de chuvas teria uma melhor reação no solo.

Com isso, o objetivo do estudo foi avaliar doses de calcário até 3,6 vezes aplicadas ao solo, incorporadas ou não, recomendando-as pelo método da saturação por bases ou pela % de cálcio e magnésio na CTC do solo, utilizando um corretivo, ou a mistura entre dois corretivos, e quantificar as produtividades da cultura da soja e do milho e os efeitos da calagem no solo em dois anos de cultivo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Corretivos de acidez**

Os solos brasileiros não manejados são ácidos, apresentam baixos teores de fósforo lábil (P) e potássio trocável (K), altos teores de alumínio (Al) e manganês (Mn), condições desfavoráveis ao desenvolvimento das culturas agrícolas exploradas em grande escala (MALAVOLTA, 1976; CRUSCIOL et al., 2016a). Outros fatores ambientais associados à acidez do solo, como as altas temperaturas e índices pluviométricos ao longo do ano, podem contribuir para a redução na produtividade das culturas (FURTINI NETO et. al., 2001; CRUSCIOL et al., 2016b).

A prática utilizada para a correção da acidez do solo é a calagem, que eleva o pH, reduz os teores de Al e Mn, fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg), tornando o solo apto à produção de grãos (CATANI; ALONSO, 1969; TEIXEIRA et al., 2020a; 2020b). Após a correção, o solo atinge um pH em torno de 5,5 a 6,3, o que é favorável para a maioria das culturas agrícolas, promovendo maior disponibilidade de P, Ca e Mg para as plantas, assim como o aumento da atividade microbiana e da capacidade de troca de cátions (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; SOUSA; LOBATO, 2004).

Nos solos ácidos e de baixa fertilidade, deve ser realizada a construção da fertilidade e a manutenção ao longo dos anos, sendo um processo contínuo, tornando-os férteis, o que resulta em alta produtividade das culturas (ANJOS et al., 2011). As culturas agrícolas geralmente são utilizadas em modelo de sucessão, no qual a palhada residual deixada pela cultura anterior não é suficiente para repor ao solo os nutrientes exportados pelos grãos, e o uso de fertilizantes e corretivos é necessário para manutenção da fertilidade (ZANCANARO, 2014).

No Brasil, a maioria dos calcários comercializados possui PRNT abaixo de 100%, o que exige um tempo mínimo de três meses para que sua reação esteja disponível no solo para as plantas. Esse período vai depender das condições hídricas em que o solo é exposto, porque, se ocorrer déficit hídrico por um determinado período após a aplicação, a reação é mais lenta (CAIRES, 2013; CALEGARI et al. 2013; CRUSCIOL et al., 2016b; SANTOS et al., 2018).

A mudança no sistema de cultivo também alterou a forma de correção da calagem dessas áreas, e, portanto, após realizada aplicação superficial, deixou de ser incorporada. Essa mudança altera a velocidade e a forma de correção dos solos, e, a curto prazo, há uma correção na camada superficial e, posteriormente, essa correção ocorre de forma lenta e desuniforme através do perfil ao longo dos cultivos (CAIRES et al., 2002; AMARAL et al., 2004; LEAL et al., 2008; ANJOS et al., 2011; BORTOLUZZI et al., 2014).

A forma de cálculo empregado pelos métodos usuais levanta questionamentos na aplicação de calcário superficial sem incorporação, no qual alguns autores defendem que deve ser fracionada a aplicação, e não se leva como base a profundidade de 0 a 0,20 m como no modelo convencional (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000).

Quando aplicada de forma superficial, sem a incorporação no solo, os efeitos da calagem podem perdurar por mais 24 meses apenas na camada superficial, e depois por igual período em camadas subsuperficiais, porém sem uniformidade de reação ao longo do perfil. E, nesse caso, pode não ser suficiente para elevar a saturação por bases em profundidade, como ocorre na camada superficial, prejudicando a correção desejada quando se almeja altas produções (GONÇALVES et al., 2011; CALEGARI et al., 2013; MARTINS et al., 2014b).

Segundo Caires, Banzatto e Fonseca (2000), em estudos de longa duração, a aplicação de calcário superficial sem incorporação pode surtir os efeitos desejados, embora seu emprego apresente melhores respostas em solos com saturação por bases inferior a 65% e com pH ( $\text{CaCl}_2$ ) abaixo de 5,6 na camada de 0 a 5 cm. Dessa forma, ao longo dos cultivos, pode-se atingir a correção desejada com aumento do pH, dos teores de Ca e Mg e a redução do H e Al do solo, favorecendo o aumento na fertilidade do solo (AMARAL et al., 2004).

Segundo Leal et al. (2008), a aplicação superficial sem a incorporação de calcário promove efetiva correção até 0,05 m nos primeiros 12 meses. Já com a incorporação, foi possível observar a correção até os 0,20 m de profundidade e de maneira uniforme.

Através da calagem, a correção da acidez, elevação do pH e os teores de Ca e Mg, são favorecidos, seja por aplicação superficial com ou sem a incorporação, o que altera é a velocidade em que eles ficam disponíveis ao longo do perfil (KAMINSKI et al. 2005; BORTOLUZZI et al., 2014).

Sá (1999) esclarece que o calcário, quando incorporado, apresenta melhor resposta em menor espaço de tempo, enquanto a aplicação sem incorporação promove respostas em profundidade ao longo dos cultivos. As gramíneas, por utilizarem maior quantidade de fertilizantes a base de N, com características acidificantes, contribuem para a acidificação e redução do pH no solo (CRUSCIOL et al., 2016b; TIRITAN et al., 2016; SANTOS et al., 2018).

Nos estudos de Nicolodi; Anghinoni e Gianello (2008), no Estado do Rio Grande do Sul, com solos de várias regiões do Estado e níveis de fertilidade, pôde-se observar que a produtividade de grãos está relacionada com os teores de Ca, Mg e V%, e,



independentemente das camadas avaliadas, eles são fundamentais para o ganho das culturas, especialmente com saturação por bases acima de 65%.

Estudando solos no Paraná, Caires, Banzatto e Fonseca (2000) também observaram que os efeitos da calagem a longo tempo proporcionam elevação dos teores de Ca, Mg e V%, no solo, melhorando a produtividade das culturas, embora, quando utilizado incorporado, a resposta é mais rápida, mas, ao longo dos anos, a calagem superficial também possui o mesmo efeito.

Em vários estudos, foi verificado que as aplicações de calcário sem a incorporação não estão sendo suficientes para o fornecimento de Ca e Mg no solo, e, isso pode estar ocorrendo devido aos métodos de quantificar as doses do corretivo não estimarem de forma adequada as doses a serem aplicadas, tendo que o calcário é um produto de baixa solubilidade e pouca mobilidade no perfil do solo (GUARÇONI; SOBREIRA, 2017; DALLA NORA et al., 2017; TEIXEIRA et al., 2020a; 2020b).

A região do cerrado e sua transição com a amazônia possuem duas estações distintas, seca e das águas e, nessas condições, para que a calagem atinja os efeitos desejados, deve-se priorizar a aplicação em épocas com umidade suficiente no solo para que ocorra sua reação. Podem ser aplicados no fim da estação chuvosa, ou no início dela, antes da semeadura das culturas (SOUSA; LOBATO, 2004).

A escolha adequada do tipo de calcário, o método do cálculo para a calagem, faz toda a diferença nos atributos químicos do solo (TEIXEIRA et al., 2020a; 2020b), pois, quando não são observados estes fatores, podem ocorrer erros e acarretar um desbalanço nutricional, seja por falta ou excesso de um determinado nutriente, além de sua influência na atividade microbiana do solo (RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015).

Outro fator a ser considerado na calagem, e também de importância, é a relação Ca e Mg. Vários estudos mostram que no solo o teor de Ca deve ficar entre 3 ou 4 vezes o teor de Mg, contribuindo para o adequado balanço de nutrientes, fator este que, muitas vezes, não é atingido com o uso de apenas um tipo de calcário, exigindo misturas para o adequado fornecimento do Ca e Mg (ANDRADE et al., 2019).

## 2.2 Métodos de calagem

A escolha do método para o cálculo da calagem é importante para melhorar os atributos químicos do solo (TEIXEIRA et al., 2020a; 2020b), tornando o ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas (TORMENA, 2014).

Em estudo pioneiro, Catani e Gallo (1955), buscando desenvolver um método para cálculo da necessidade de calagem, coletaram 85 amostras de diferentes solos do Estado de São Paulo (SP). Os autores verificaram uma linha de tendência e construíram uma tabela relacionando a saturação por bases e o pH, e propuseram uma equação para o cálculo da calagem. Por meio da calagem, foi possível elevar a saturação por bases para 70%, e atingir um pH de 6,5, que seria ideal para as plantas cultivadas, indisponibilizando elementos tóxicos como o  $Al^{3+}$ .

Esse trabalho foi aprimorado por Raij, Cantarella e Zullo (1979), quando, em seus estudos com diferentes solos de SP, perceberam que o método seria melhor empregado levando em consideração o poder tampão do solo com relação ao pH. Posteriormente, um novo estudo permitiu a obtenção dos valores de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  pela leitura do poder tampão, e, dessa forma, chegar à equação que é utilizada atualmente para o cálculo da calagem (QUAGGIO; MASCARENHAS; BATAGLIA. 1982).

Outro método proposto para o cálculo da calagem foi o da neutralização de alumínio e adição de Ca e Mg no solo, proposto por Coleman, Kamprath e Weed (1958) e confirmado por Kamprath (1970), os quais utilizavam como base a quantidade do calcário suficiente para neutralizar o alumínio trocável do solo e aumentar os teores de Ca e Mg. Esses teores são multiplicados por um determinado fator, obtido por meio de curvas de resposta com variação entre 1 e 3 para o alumínio trocável do solo, o qual, posteriormente, ficou pré-estabelecido em 1,5.

Embora o método seja eficiente para neutralizar o alumínio trocável, em geral não era suficiente para atingir os teores desejados de Ca e Mg. A Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) em 1999, propôs o cálculo de calagem acrescentando a variável Y que é obtida em função do poder tampão do solo que é definido de acordo com a textura, e a variável X obtida da necessidade de Ca e Mg pelas culturas, extraída de tabelas específicas (FURTINI NETO et. al., 2001).

Um terceiro método proposto é o da calagem por incubação com  $CaCO_3$ , o qual, mesmo sendo muito eficiente, é pouco utilizado por ser muito demorado, tornando-se

economicamente inviável, mas que é utilizado como padrão para calibrar os métodos anteriores (MALAVOLTA, 1976). Nesse método, os solos devem estar na capacidade de campo e são misturados com quantidades crescentes de calcário, permanecendo incubados em laboratório por um tempo suficiente para reagir, e, assim pode levar meses para se obter o resultado (MARASCHIN, 2009; BRUNETTO et al., 2019).

Segundo Catani e Alonso (1969), os estudos sobre a exigência de calcário no solo para elevar o pH para 6,5 possui interpretação diferente conforme o método e a classe de solo utilizada. Em seus estudos com alguns solos do Estado de São Paulo, as respostas foram diferentes para os métodos empregados no mesmo solo, sendo que o método do alumínio trocável apresentou coeficiente de correlação de 0,72 de eficiência, abaixo do método de saturação por bases que chegou a 0,96.

A análise de solo é essencial para a escolha do tipo de corretivo, pois os teores de nutrientes do solo são os indicadores de quais corretivos vão realizar melhor correção. Solos ácidos e com altos teores de  $Al^{3+}$  podem ser corrigidos com o uso da calagem, mas é importante verificar os teores de Ca e Mg, buscando elevá-los a teores acima de 3,0 e 1,0  $cmol_c \cdot dm^{-3}$  respectivamente, quando os solos apresentam CTC a pH7 entre 6 e 12  $cmol_c \cdot dm^{-3}$ , que é a faixa mais comum predominante nos solos brasileiros, mantendo também essa relação na escolha do corretivo. Muitas vezes é necessário utilizar mais de um corretivo, ou a mistura entre eles para o efeito desejado (SILVA et al., 2018; ANDRADE et al., 2019).

Vários trabalhos abordam que os métodos desenvolvidos não foram aprimorados ao longo dos anos, o que pode subestimar ou superestimar as doses de calcário, pois as fórmulas evoluíram pouco e não estão atingindo a correção necessária para a produção das culturas, especialmente o fornecimento de Ca e Mg em quantidades suficientes para as duas culturas exploradas anualmente (soja/milho), que possuem alto rendimento e menor ciclo (GUARÇONI e SOBREIRA, 2017; TEIXEIRA et al., 2020a; 2020b).

Estudos comparando os métodos atuais e buscando algoritmos para aprimorá-los mostram que eles são genéricos, e não atingem a correção desejada seja elas a saturação por bases almejada no cálculo, sejam os teores de Ca e Mg suficientes para suprir as necessidades das plantas. É necessário observar algumas características importantes nos critérios para definir a calagem, mas em solos com CTC a pH7 entre

4 e 12  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , também se deve considerar o fornecimento de Ca e Mg para as plantas sem desequilibrar o pH no solo (CARNEIRO et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2020b)

Estudos realizados com doses de calcário por dois anos, na região de Sinop-MT, mostraram que a calagem aplicada em superfície sem incorporação, melhorou os teores de Ca e Mg no solo, promovendo incremento de produtividade nas culturas de soja e milho. No entanto, as maiores doses dos calcários não atingiram o V% calculado pelo método de saturação por bases, revelando que independentemente dos teores de Ca e Mg, quando se busca V% acima de 60%, o método subestima a dose para alcançar a saturação desejada (CHAPLA, 2017).

### **2.3 Sistema Plantio Direto e uso do calcário**

A adoção do sistema plantio direto (SPD) proporcionou menor perda da matéria orgânica do solo (MO), e, com essa redução, ocorreu o aumento no carbono orgânico do solo. Associado à calagem, que aumenta a saturação por bases e diminui a saturação por alumínio, formaram-se duas condições necessárias para o bom desenvolvimento das plantas e melhoria na fertilidade do solo (BRIEDIS et al., 2012, SANTOS et al., 2018).

Os solos do cerrado foram por muito tempo considerados improdutivos e impróprios para os cultivos agrícolas e sua correção aliada à adoção de práticas agrícolas com baixo revolvimento do solo e manutenção da matéria orgânica foram primordiais para o desenvolvimento da agricultura na região, reduzindo a erosão, o aquecimento do solo e preservando a MO, já que, no clima tropical, a mineralização é acelerada (FRANCISCO; KAPPES, 2012; TEIXEIRA et al., 2020a).

No manejo tradicional, os solos são expostos, retirando toda a cobertura vegetal presente, deixando-os frágeis sujeitos à erosão, e reduzindo a formação de matéria orgânica, que poderia resultar em fracasso nos cultivos subsequentes (MERTEN et al., 2015). A qualidade física do solo também pode sofrer grandes alterações no sistema plantio convencional (SPC) alterando e reduzindo a macro e micro porosidade do solo (MUZILLI, 1983; STEFANOSKI et al., 2013).

O SPD também proporcionou novas estratégias de manejo, como o uso da adubação de sistema, favorecendo mais de uma cultura, em particular o sistema de sucessão soja – milho utilizado em diversas regiões do Centro-Oeste do País (ZANCANARO, 2014).

Caires et al. (2002) avaliaram, por sete anos, área com 15 anos de plantio direto, e observaram que a calagem proporcionou melhoria nas condições do solo, melhor crescimento e distribuição das raízes, embora reduzindo os teores de K nas plantas, porém sem comprometer a produtividade das plantas.

A região de transição cerrado-amazônia possui altos índices pluviométricos e temperatura na estação das águas, condição que pode favorecer maior velocidade de reação do calcário e sua distribuição no perfil do solo, diferente de trabalhos desenvolvidos em outras regiões que possuem menores volumes ao longo do ano.

## **2.4 Culturas de soja e milho no bioma Cerrado**

Nos últimos anos, as culturas de soja e milho receberam muitos investimentos em pesquisa visando melhorar o potencial produtivo das plantas e a redução do ciclo para melhor se adaptarem, possibilitando o cultivo de duas safras nos períodos de chuvas. No entanto, para torná-las mais produtivas, durante o melhoramento genético, algumas características genéticas de resistência são perdidas, necessitando de maior aporte de nutrientes disponíveis durante todo o ciclo para expressar seu potencial produtivo (TIRITAN et al., 2016; DALLA NORA et al., 2017; ANDRADE et al., 2019).

As áreas de Cerrado possuem grande aptidão agrícola por terem alta precipitação e temperatura durante 6 meses do ano, possui relevo plano de grandes extensões que facilita a mecanização para as grandes culturas, entre elas a soja e também o milho, ambos com destaque na alimentação humana e animal, além de outros usos (LEAL, 2008; JANKOWSKI et al., 2018).

A correção do solo é o primeiro passo para a construção da fertilidade, tornando áreas antes consideradas improdutivas e impróprias para os cultivos anuais, aptas à produção (DALLA NORA et al., 2017). Em Mato Grosso, ao realizarem a correção dos solos, os produtores, a partir de 2001, com o lançamento no mercado de cultivares de soja e híbridos de milho com menor ciclo, e melhor adaptação as condições climáticas

do bioma, começaram a expandir as áreas que eram de cultivo simples apenas com soja, ou pastagens degradadas, a cultivos duplos com soja e milho. Assim, as terras cultivadas passaram de 500 mil hectares em 2001 para 5,8 milhões em 2011 nas regiões da Amazônia e do cerrado central, e tornou o Brasil o terceiro maior exportador global de milho (JANKOWSKI et al., 2018).

Trabalhos em Mato Grosso sobre calagem, mostraram que a correção do solo com doses acima da recomendada pelos métodos melhoram a produtividade das culturas, e que há relação direta com os teores de Ca, Mg e V%. Culturas instaladas em solo com altas temperaturas e volumes pluviométricos, quando corrigido adequadamente possuem melhores condições de estabelecimento das raízes e produtividade de grãos (MARASCHIN, 2009; CHAPLA, 2017; LANGE et al., 2019; 2021).

A calagem é fundamental para a construção da fertilidade do solo, a correta amostragem de solo, escolha de método a ser utilizado no cálculo, e as concentrações de Ca e Mg dos corretivos são parâmetros que devem ser considerados na execução do planejamento para realização da calagem. Aplicação superficial sem a incorporação é uma forma viável para a manutenção do sistema plantio direto, no entanto pode levar alguns cultivos para que o efeito da reação no solo atinja as camadas inferiores do solo, desta forma o aumento de doses e novos arranjos no planejamento da calagem podem proporcionar, melhorias na fertilidade do solo e maior produtividade das plantas.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 28, p. 359–367, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200014>>.

ANDRADE, R. P.; JANEGITZ, M. C.; REIS, W.; NETO, E. D. M. F. Aplicação de calcário calcítico em função de diferentes relações Ca e Mg no desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Almanaque de Ciências Agrárias**, Ourinhos, v.1 (1): p.20-28. Nov. 2019. Disponível em: <<http://revistaaca.unifio.edu.br/index.php/ACA/article/view/15/10>. Acesso em 12 nov. 2020. Acesso em: 17 jul. 2021.

ANJOS, J. L.; LAFAYETTE F. SOBRAL, L. F.; JUNIOR, M. A. L. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Ourinhos, v.15, n.11, p.1138–1142, 2011.

BORTOLUZZI, E. C.; PARIZE, G. L.; KORCHAGIN, J.; SILVA, V. R.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Soybean root growth and crop yield in response to liming at the beginning of a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.38 n.1 Jan./Feb. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100026>>.

BRIEDIS, C.; SÁ, J. C. M.; CAIRES, E. F.; NAVARRO, J. F.; THIAGO MASSAO INAGAKI, T. M.; FERREIRA, A. O. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 1007-1014, jul. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700018>>.

BRUNETTO, G.; SOUZA, R. O. S.; PICCIN, R.; BELLINASSO, R. J. S.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.; STEFANELLO, L.; KRAMES, R.; HINDERSMANN, J.; GATIBONI, L. C. Eficácia de um método rápido de incubação de solo na determinação da acidez potencial em solos no Rio Grande do Sul, Brasil. **Cienc. Rural [online]**, Santa Maria, v. 49, n. 2, e20180350. pub Feb 11, 2019. ISSN 1678-4596. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180350>>.

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistema plantio direto. Piracicaba: IPNI, **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.141: p.1-13, 2013. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4A4F64F9876B415683257B3F00708191/\\$FILE/Page1-13-141.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4A4F64F9876B415683257B3F00708191/$FILE/Page1-13-141.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUJO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.26, p.1011-1022, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400019>>.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; DE TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. D. F.; DOS SANTOS, D. R. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v. 133, p. 32–39, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.05.009>>.

CARNEIRO, J. S. S.; SOUSA, S. A.; MARCIO NIKKEL, M.; DEUSDARÁ, T. T.; MACHADO, A. F.; SILVA, R. R. Supercalagem: alterações em atributos químicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Revista de Ciências Agroambientais Alta Floresta**, v. 16, n. 1, p. 31-38, 2018.

CATANI, R. A.; ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. Volume XXVI, **Anais da Escola Superior de Agronomia**. “Luiz de Queiroz” USP, SP, p.141-156, 1969. Disponível em< <https://doi.org/10.1590/S0071-12761969000100013>>.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da Exigência em Calcário dos Solos do Estado de São Paulo, Mediante Correlação entre o pH e a Porcentagem da Saturação de Bases. XI Congresso Brasileiro de Química, **Revista de agricultura**, São Paulo, SP. v. 30, p.49-60, 1955.

CHAPLA, M. E. **Calagem superficial em área de plantio direto**. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Sinop, 2017.

COLEMAN, N.T.; KAMPRATH, E.J.; WEED, S.B. Liming. **Advances in Agronomy**, New York, v. 10, p. 475-522. 1958.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 2020. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 7 - Safra 2019/20 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-66, junho 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARTIGIANI, A. C. C. A, ARF, O., CARMEIS FILHO, A. C. A.; SORATTO, R. P.; NASCENTE, A. S.; ALVAREZ, R. C. F. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, Rio de Janeiro, v.137, p.87–99, 2016a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.09.009>>.

CRUSCIOL, C. A. C.; MARQUES, R. R.; FILHO, A. C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F.; CASTRO, G. S. A.; PARIZ, C. M.; DE CASTILHOS, A. M. Annual crop rotation of tropical pastures with no-till soil as affected by lime surface application. **European Journal of Agronomy**, Finlândia, v.80, p.88–104, 2016b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.07.002>>.

DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C.; NICOLOSO, R. S.; GRUHN, E. M. Modern high-yielding maize, wheat and soybean cultivars in response to gypsum and lime application on no-till Oxisol. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.41: e0160504. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160504>>.

FRANCISCO, E. A. B.; KAPPES, C. Cerrado brasileiro carece de mais investimentos em práticas sustentáveis. 2012, **Visão Agrícola nº 10**, Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA10-visao-setorial04.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2019.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; QUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 261 p.

GONÇALVES, J. R. P.; MOREIRA, A.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOAS, R. L. V. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta**



**Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 369-375, 2011. Disponível em <DOI:10.4025/actasciagron.v33i2.3659>.

GUARÇONI, A.; SOBREIRA, F. M. Classical methods and calculation algorithms for determining lime requirements. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.41: e0160069. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160069>>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. **IBGE prevê safra recorde de grãos em 2020**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/26537-ibge-preve-safra-recorde-de-graos-em-2020>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

JANKOWSKI, K.; NEILL, C.; DAVIDSON, E. A.; MACEDO, M. N.; COSTA JUNIOR, C.; GALFORD, G. L.; SANTOS, L. M.; LEFEBVRE, P.; NUNES, D.; CERRI, C. E. P.; MCHORNEY, R.; CONNELL, C. O.; COE, M. T. Deep soils modify environmental consequences of increased nitrogen fertilizer use in intensifying Amazon agriculture. **Scientific Reports**. London, v.8 p.13478, 2018.<DOI:10.1038/s41598-018-31175-1

JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F.; SCHARR, D. A.; BINI, Â. R.; HALISKI, A. 2016. Liming in the conversion from degraded pastureland to a no-till cropping system in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v.162, p.68–77, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.04.009>>.

KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C. G.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, 29:573-580, 2005.

KAMPRATH, E.J. Exchange aluminium as a criterion for liming leached mineral soils. **Soil Science Society America Proceedings**, Madison, v. 34, p. 252-254. 1970.

LANGE, A.; CAVALLI, E.; PEREIRA, C. S.; CHAPLA, M. V.; FREDDI, O. S. Relações cálcio:magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 3, p. 294-301, mai./jun. 2021. Disponível em: <DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i3.11526>>.

LANGE, A.; ZANDONADI, R. S.; GOBBI, F. C. Distribuição horizontal da fertilidade do solo em sistemas de tráfego controlado com fertilização em linha. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 3, p. 251-255, mai./jun. 2019. Disponível em: <DOI:10.31413/nativa.v7i3.7639>.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MURAISHI, C. T.; BUZETTI, S.; MASCARENHAS, H. A. A. Aplicação de calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, número especial. Oct./Dec. p. 2771 – 2777, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química agrícola**. São Paulo: Editora Ceres LTDA, 1976. 528p.

MARASCHIN, L. **Calagem e disponibilidade de nutrientes em dois solos com diferenças texturais**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

MARTINS, A. P.; ANDRADE COSTA, S. E. V. G. D.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; BALERINI, F.; CECAGNO, D.; CARVALHO, P. C. D. F.;. Soil acidification and basic cation use efficiency in an integrated no-till crop–livestock system under different grazing intensities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Finlândia, v. 195, p.18–28, 2014a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.12/05/2014>>.

MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; CARLOS, F. S.; NICHEL, G. D. H.; SILVA, R. A. P.; CARVALHO, P. C. D. F. Amelioration of soil acidity and soybean yield after surface lime reapplication to a long-term no-till integrated crop-livestock system under varying grazing intensities. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v.144, p.141–149, 2014b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.07.019>>.

MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BISCAIA, R. C. M.; BARBOSA, G. M. C.; CONTE, O. 2015. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v.152, p.85–93, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014>>.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.7, p.95-102, 1983.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32: p.237-247, 2008.

QUAGGIO, J. A., MASCARENHAS, H. A. A., BATAGLIA, O. C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em latossolo roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.6, p.113-118,1982.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; ZULLO, M. A. T. O método tampão SMP para a determinação de necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**. Campinas. v.38, n.7, p.57-69, 1979.

RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 39, n.6, nov./dec. 2015. p.1723 – 1736.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O., MOREIRA, F.M.S., LOPES, A.S., GUILHERME, L.R.G., FAQUIN, V., FURTINI NETO, A.E., CARVALHO, J.G. (Eds.). Soil fertility, soil biology, and plant nutrition

interrelationships. **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**. UFLA, Lavras, MG, Brasil. 1999. p.267- 320.

SANTOS, D. R.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; SANTANNA, M. A.; BRUNETTOA, G.; SILVA, L. S. 2018. Long-term effect of surface and incorporated liming in the conversion of natural grassland to no-till system for grain production in a highly acidic sandy-loam Ultisol from South Brazilian Campos. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v.180 p.222-231, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.014>>.

SILVA, R. R. DA; CARNEIRO, J. S. S.; LUCENA, G. N.; NETO, J. V. N. Supercalagem nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho de textura média. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, João Pessoa, v.12, n.3, p.53-58, set. 2018. Disponível em: <<https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-12-2018/volume-12-n-3-2018/09-ce-0418-07-supercalagem-nos-atributos-quimicos-de-um-latossolo-vermelho.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

SOARES, M. B.; TAVANTI, R. F. R.; RIGOTTI, A. R.; LIMA, J. P.; FREDDI, O. S.; PETTER, F. A. Use of cover crops in the southern Amazon region: What is the impact on soil physical quality? **Geoderma**. The Global Journal of Soil Science. Finlândia, v.384, p.114796 fev. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114796>>.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações tecnológicas, 2004. 416p.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Ourinhos, v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

TEIXEIRA W. G.; ALVAREZ V. H.; NEVES J. C. L.; PAULUCIO R. B. Evaluation of traditional methods for estimating lime requirement in Brazilian soils. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, 2020a; 44:e0200078. Disponível em: <<https://doi.org/10.36783/18069657rbc20200078>>.

TEIXEIRA W. G.; ALVAREZ V. H.; NEVES J. C. L. New methods for estimating lime requirement to attain desirable pH values in Brazilian soils. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, 2020b; 44: e0200008. Disponível em: <<https://doi.org/10.36783/18069657rbc20200008>>.

TIRITAN, C. S.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; FERNANDES, D. M.; NASCENTE, A. S. 2016. Tillage system and lime application in a tropical region: soil chemical fertility and corn yield in succession to degraded pastures. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v.155, p.437–447, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.06.012>>.

TORMENA, C. A. Manejo físico do solo em sistemas de produção de Milho e Soja In: FANCELLI A. L. (Ed.). **Inovações tecnológicas no sistema de produção soja-milho**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2014. p. 55-66.

VIEIRA, R. C. B.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ANGHINONI, I.; ERNANI, P. R.; MORAES, R. P. Critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em latossolos sob plantio direto no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37 n. 1 jan./feb. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100019>>.

ZANCANARO, L. Adubação de sistema na sucessão Soja – Milho: principais conceitos e resultados, In: FANCELLI A. L. (Ed.). **Inovações tecnológicas no sistema de produção soja-milho**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2014. p. 55-66.

## **CAPITULO 2 – RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM PARA O SISTEMA SOJA/MILHO NA REGIAO DE TRANSIÇÃO CERRADO/AMAZÔNIA**

**RESUMO** – A aplicação superficial do calcário ainda é um fator limitante e controverso para manutenção do sistema plantio direto. Aliado a aplicações superficiais a quantidades determinadas pelos diferentes métodos de recomendação não têm atingido a saturação por bases calculada. Com isso, objetivou-se com o estudo avaliar o aumento nas doses de calcário, com base em dois métodos de cálculo da calagem e a mistura entre corretivos, realizando ou não a incorporação na camada de 0 a 0,20 m, buscando os efeitos na melhoria do solo e o incremento em produtividade no sistema soja/milho durante dois anos consecutivos. Foram utilizados dois calcários com diferentes concentrações de Ca e Mg, um com 30,6% de CaO e 18,1% de MgO e o outro com 47% CaO e 0,3% MgO, doravante chamados de C1 e C2, respectivamente. Para o cálculo das doses, utilizou-se o método da saturação por bases ou V%, e o método da elevação dos teores de Ca e Mg do solo, com base nos teores de Ca e Mg dos calcários. A calagem foi realizada no dia 09 de outubro de 2018, em uma área de plantio direto consolidado no município de Querência-MT, estabelecendo-se oito tratamentos em campo com quatro repetições. Os tratamentos foram (T1): sem calagem; (T2): V% 75; (T3): 1,75\*T2; (T4): 3,27\*T2, todos com calcário C1 em superfície; (T5): 60% de Ca e 20% de Mg na CTC, (T6): 75% de Ca e 25% de Mg na CTC, com a mistura entre os calcários C2 e C1; (T7): 3,6\*T2, dividido em duas épocas, com calcário C2 na implantação e C1 aos 8 meses, e (T8): 3,6\*T2, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1). A calagem realizada com incorporação obteve melhor resultado apenas na primeira safra, o aumento de doses não resultou em incremento produtivo significativo para o período avaliado, a mistura entre os corretivos proporcionou melhores teores de Ca e Mg no solo e a relação entre eles ficando acima de 3:1, os dois métodos subestimaram as doses de calcário na correção desejada.

**Palavras-chave:** Calagem, Fertilidade do Solo, Nutrição de Plantas

**ABSTRACT** – The surface application of lime is still a limiting and controversial factor for maintaining the no-tillage system. Allied to surface applications at quantities determined by different recommendation methods have not reached the calculated base saturation. Thus, The aim of the study was to evaluate the increase in lime doses, based on two methods of liming calculation and the mixture between correctives, with or without incorporation in the 0 to 0.2 m layer, seeking the effects improving the soil and increasing productivity in the soybean/corn system for two consecutive years. Two limestones with different concentrations of Ca and Mg were used, one with 30.6% of CaO and 18.1% of MgO and the other with 47% CaO and 0.3% MgO, hereinafter called C1 and C2, respectively. To calculate the doses, the base saturation or V% method was used, and the method of increasing the Ca and Mg contents of the soil based on the Ca and Mg contents of the limestones. Liming was carried out on October 9, 2018, in a consolidated no-tillage area in the municipality of Querência-MT, establishing eight field treatments with four replications. The treatments were (T1): without liming; (T2): V% 75; (T3): 1.75\*T2; (T4): 3,27\*T2, all with C1 limestone on the surface; (T5): 60% Ca and 20% Mg in CTC, (T6): 75% Ca and 25% Mg in CTC, with a mixture of limestones C2 and C1; (T7): 3.6\*T2, divided into two seasons, with limestone C2 at implantation and C1 at 8 months, and (T8): 3.6\*T2, being ½ incorporated (C2) and ½ on surface (C1 ). The increase in doses, for the period evaluated, was beneficial for plant production, but the economic return in the soybean/corn system occurred with the lowest doses. For the mixture between correctives, the method that uses the % of Ca and Mg, to define the doses of lime, proved to be more advantageous, however for better use in 20 months of evaluation, liming should be applied in a single dose, or using the incorporation as in the conventional system.

**Keywords:** Liming, Soil Fertility, Plant Nutrition

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos tropicais geralmente são intemperizados, com limitações causadas pelos efeitos prejudiciais da acidez, condição que torna a correção do solo uma prática necessária para melhorar o rendimento das culturas (MARTINS et al., 2014a, 2014b; CRUSCIOL et al., 2016a, 2016b; INAGAKI et al., 2016; JORIS et al., 2016; TIRITAN et al., 2016; SANTOS et al., 2018).

No Cerrado, a soja ocupa a maior parte das terras cultivadas, porém tem como efeito negativo o baixo aporte de resíduos, reduzindo a cobertura do solo. Esta situação tem sido contornada por meio do cultivo de milho, e, assim, a sucessão soja/milho tem sido uma estratégia adotada que pode melhorar a sustentabilidade do sistema de cultivo, fornecendo palha ao solo (FRANCISCO; KAPPES, 2012; TORMENA, 2014; ZANCANARO, 2014).

O cultivo sem revolvimento é uma prática fundamental para reduzir a erosão e mudou o manejo do solo no Brasil, otimizando o aproveitamento dos nutrientes aplicados ao solo, e a calagem superficial, sem a incorporação, tornou-se rotina (CALEGARI et al., 2013; TIECHER et al., 2017; CORRÊA et al. 2018; SANTOS et al., 2018). Porém, nesta situação a correção da acidez em subsuperfície fica prejudicada, devido à baixa mobilidade do corretivo ao longo do perfil, embora esta movimentação possa ocorrer ao longo dos anos (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000). Nesse sentido, estudos com partículas mais finas de calcários apontam que elas podem migrar em profundidade através dos macroporos do solo, facilitando o crescimento das raízes, e isso pode melhorar a estrutura do solo no sistema plantio direto (AMARAL et al., 2004; VIEIRA et al.; 2016).

Nas condições atuais de alta produtividade, ciclo precoce e duas safras por ano, mesmo com base nos resultados das análises de solo, não são muitos os estudos que apontem se as quantidades de calcário utilizadas rotineiramente ainda suprem as necessidades das culturas, proporcionam a produtividade esperada, suprimindo as demandas nutricionais das plantas (DALLA NORA et al. 2017). Os métodos usuais de recomendação das doses dos corretivos foram desenvolvidos para condição de preparo do solo com o plantio convencional, levando em conta o revolvimento nas camadas de 0 a 0,20 m e incorporando o corretivo (GUARÇONI; SOBREIRA, 2017).

Nos estudos de Nicolodi; Anghinoni e Gianello (2008), observou-se que a produtividade de grãos está relacionada com os teores de Ca, Mg e V%, independentemente das camadas avaliadas. Os efeitos da calagem aplicadas em superfície, seja ela incorporada ou não ao solo, ao longo tempo, proporcionam elevação dos teores de Ca, Mg e V%, no solo, melhorando a produtividade das culturas (CAIRES et al. 2000).

Em função da aplicação superficial de calcário sem incorporação, com base nas análises de solo e extração das culturas em semeadura direta, com altas produtividades da soja e do milho em curtos espaços de tempo, há a possibilidade de se aplicar doses além das tradicionalmente usadas sem prejuízo para as culturas?

O objetivo do estudo foi avaliar doses de calcário até 3,6 vezes aplicadas ao solo, incorporadas ou não, recomendando-as pelo método da saturação por bases ou pela % de cálcio e magnésio na CTC do solo, utilizando um corretivo, ou a mistura entre dois corretivos, e quantificar as produtividades da cultura da soja e do milho e os efeitos da calagem no solo em dois anos de cultivo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição da área experimental**

O experimento foi instalado na Fazenda Concórdia, município de Querência, MT, (12°44'43,3" S, 52°11'06,6" W, à altitude de 360 m), pertencente à região nordeste do Estado de Mato Grosso, na Bacia Amazônica. A Figura 1 mostra a precipitação e a temperatura média ocorridas nos dois anos do estudo.



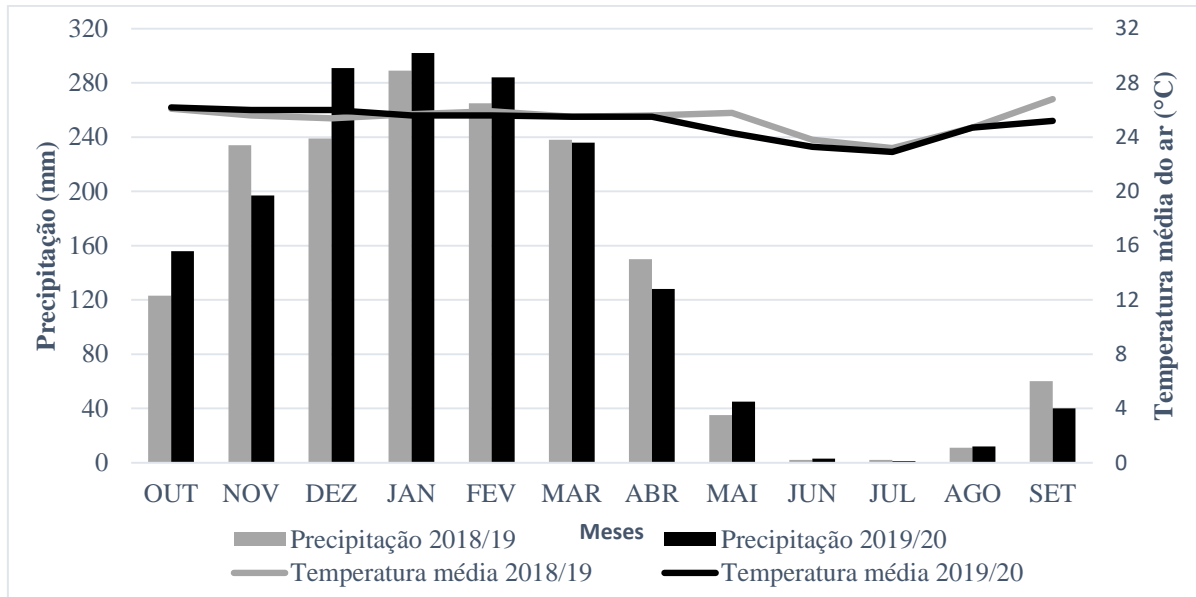


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média mensal no primeiro e segundo ano agrícola (2018/19 e 2019/20) após a calagem, em Querência (MT).  
Fonte: Adaptado INMET (2020)

O clima local é tropical com duas estações bem definidas, com maior índice pluviométrico no verão do que no inverno, classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.656 milímetros e temperatura média anual de 25°C. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, solo predominante na região do estudo.

A área recebeu calagem incorporada na camada de 0 a 0,20 m, primeiro plantio com arroz (2009), e nos anos posteriores passou a receber cultivo anual de soja e milho, na modalidade plantio direto. Antes da instalação do estudo (setembro de 2018), o solo foi amostrado na camada de 0 - 0,20 m (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da Análise granulométrica e fertilidade do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico na camada de 0-0,20 m de profundidade.

pH		M.O.	P (meh <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al+H	Al <sup>+3</sup>
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	g kg <sup>-1</sup>	--- mg dm <sup>-3</sup> ---			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		
5,8	4,9	21,5	65,3	25,8	2,34	0,6	4,20	0,0
CTC pH 7		SB	V	Argila	Silte	Areia		
-- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> --			%	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
7,2	3,0	41,8		274	76	650		

pH: Potencial Hidrogeniônico; P (meh<sup>-1</sup>): M.O: Matéria Orgânica; Fósforo extrator mehchi; K<sup>+</sup>: Potássio; Ca<sup>+2</sup>: Cálcio trocável; Mg<sup>+2</sup>: Magnésio trocável; H+Al: Acidez potencial; Al<sup>+3</sup>: Alumínio; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; SB: Soma de bases; V: Saturação por bases.

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com oito tratamentos e quatro repetições. O experimento foi conduzido pelo período de 20 meses, nas safras de 2019 e 2020. Os dois corretivos utilizados apresentavam a seguinte composição: o primeiro com 30,6% CaO; 18,1% MgO; PN 98,6%; RE 90,36%; PRNT 89,1% e o segundo com 47% CaO; 0,3% MgO; PN 82,2%; RE 89,78%; PRNT 73,8%, doravante denominados como calcário C1 e C2, respectivamente.

Os tratamentos foram definidos por dois critérios: método da saturação por bases para elevar o V% para 75, e método para elevar as % de Ca e Mg na CTC, mantendo a relação 3:1 respectivamente. A escolha da dose inicial mínima pelo método de saturação por bases levou em conta os trabalhos de Caires et al. (2000) e Joris et al. (2016), os quais apontaram como adequado um V% de 65. Já Chapla (2017), realizando trabalhos na área de transição Cerrado/Amazônia em Sinop-MT, apontou que o método atinge apenas 88% do valor calculado. Com base nessa informação, a dose calculada como referência buscou elevar a saturação por bases para 75, e após a correção, atingir o valor de 65%, considerado ideal. As demais doses foram calculadas com fatores superestimando os V% há 100 e 150, condição hipotética a ser atingida, criando fatores de multiplicação para o aumento de doses.

Assim, os seguintes tratamentos foram instalados em campo: (T1): sem calagem, (T2): elevação do V para 75%( C1S75); (T3): 1,75\*C1S75 (V% 100); (T4):3,27\*C1S75 (V% 150), estes com calcário C1 em superfície (S); e com a mistura entre os calcários (M); T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC inicial do solo; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6 (V% 150), dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6 (V% 150), sendo  $\frac{1}{2}$  incorporado (C2) e  $\frac{1}{2}$  em superfície (C1). No T8, a incorporação do calcário C2 foi na camada de 0 a 0,20 m, no ato da instalação logo após a aplicação do calcário, utilizando uma grade aradora e grade niveladora, e o calcário C1 foi aplicado de forma superficial, no mesmo dia. A descrição dos tratamentos estão na Tabela 2.

Tabela 2. Relação dos tratamentos com doses, tipos de aplicação, calcários utilizados. Querência-MT.

Tratamentos	Tipo de calcário	Tipo de aplicação	Base de cálculo	V% Almejado	Dose (t ha <sup>-1</sup> )
T1	-	-	-	-	-
T2	C1	Superficial	V% 75	75	2,68C1
T3	C1	Superficial	1,75*T2	100	4,7C1
T4	C1	Superficial	3,27*T2	150	8,76C1
T5	C1 + C2	Superficial	M <sup>1</sup> 60% Ca e 20% Mg	% Ca e Mg para 80%	1,87C1 + 2,38C2
T6	C1 + C2	Superficial	M <sup>1</sup> 75% Ca e 25% Mg	% Ca e Mg para 100%	2,67C1+3,45C2
T7	C1 + C2	Superficial 09/10/18C2 + 27/06/19C1	M3.6*T2	150	4,37C1 + 5,28C2
T8	C1 + C2	C2 Incorporado + C1 Superficial	M3.6*T2	150	4,37C1 + 5,28C2

(C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%; (M): Mistura entre os calcários pelo método V%; (M<sup>1</sup>): mistura entre calcários pelo método da porcentagem de Ca e Mg na CTC do solo.

Para os cálculos dos teores de Ca e Mg na CTC do solo, foi utilizado primeiro a verificação da porcentagem existente no solo dos nutrientes pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ do elemento} = 100 * \text{TN} / \text{T}$$

Essa fórmula (% do elemento) representa a porcentagem que o nutriente possui na CTC; TN é o teor do nutriente fornecido pela análise de solo expressa em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; e T: CTC a pH 7, fornecida pela análise de solo expressa em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Com base nas garantias dos calcários, calculou-se a necessidade de calagem para atingir os níveis esperados na correção do solo em cada tratamento utilizando esse método.

### 2.3 Instalação e condução do experimento

Para a aplicação do calcário, em 09 de outubro de 2018, pesou-se a quantidade de calcário proporcional à dose e à área da parcela, em baldes; logo depois, esse calcário foi aplicado de forma manual, buscando-se a maior uniformidade possível na aplicação. A exceção na parcela do T7, que a 2ª parte do calcário foi aplicada em 27 de junho de 2019, logo após a colheita do milho e a coleta de solo da parcela.

O experimento foi conduzido por 20 meses e, nesse período, foram cultivadas duas safras de soja e duas safras de milho.

### **2.3.1 Cultura da soja**

A safra de soja 2018/19 foi semeada em 26 de outubro de 2018, (17 dias após a aplicação dos corretivos), com a cultivar TMG 1180, espaçamento entre linhas de 0,50 m e 360.000 sementes ha<sup>-1</sup>. Para essa safra, não foram utilizadas avaliações, devido à necessidade de espera do tempo de reação do calcário que é de, no mínimo, três meses (CAIRES, 2013; CALEGARI et al. 2013; CRUSCIOL et al., 2016b; SANTOS et al., 2018).

A safra de soja 2019/20 foi semeada em 19 de outubro de 2019, utilizando a cultivar Bônus<sup>®</sup> da empresa Bramax, com espaçamento entre linhas de 0,50 m e 480.000 sementes ha<sup>-1</sup>. Nas duas safras, foi utilizada adubação na linha com 180 kg ha<sup>-1</sup> de monoamônio fosfato (MAP, 11% N e 52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e dez dias após a semeadura, foram aplicados 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O) a lanço em área total. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado conforme a necessidade, com herbicidas, fungicidas e inseticidas recomendados para a cultura na região.

A colheita de soja na safra 2019/20 ocorreu no dia 04 de fevereiro de 2020. Na avaliação de produtividade foram colhidas quatro linhas de cinco metros dentro de cada parcela, sendo realizada a trilha dos grãos e anotado o número de plantas colhidas para calcular o estande de plantas.

Para os componentes de produção, foram colhidas 10 plantas aleatoriamente dentro da área útil, avaliando-se o número de grãos por vagem, vagens por planta, número de ramos laterais, massa de 1.000 grãos (3 amostras de 100 grãos) e a massa de grãos.

### **2.3.2 Cultura do milho**

A semeadura do milho ocorreu no dia 18 de fevereiro de 2019, utilizando o híbrido DKB 290 PRO3<sup>®</sup> com população de 60000 plantas por hectare e espaçamento de 0,50 m nas entrelinhas. A semeadura do milho, em 2020, ocorreu no dia 05 de

fevereiro, utilizando o híbrido FS 450 PW<sup>®</sup> com uma população de 60000 plantas por hectare.

Nas duas safras, foi utilizada, uma adubação de base de 90 kg ha<sup>-1</sup> de monoamônio fosfato (MAP) aplicada na linha de semeadura. Utilizaram-se, também, na adubação de cobertura, 120 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O) aos 12 dias após a emergência, e 150 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (45% N) aos 35 dias após a emergência.

Na fase de aparecimento da inflorescência feminina do milho, 47 dias após o plantio, foi coletada a folha oposta e abaixo da espiga em 50 plantas, de forma aleatória dentro da área útil de cada parcela, para determinar o estado nutricional das plantas.

A colheita do milho das safras 2019 e 2020 foi realizada na segunda quinzena de junho em cada ano. Foram colhidas as quatro linhas centrais com cinco metros cada, eliminando as bordaduras para determinar a produtividade. Nessa ocasião, determinou-se o estande nestes 20 metros lineares.

Na avaliação de massa seca (palhada residual) e componentes de produção, foram colhidas/cortadas, rente ao solo, dentro da área útil da parcela, dez plantas, aleatoriamente, para avaliar a produção de massa seca e a extração de nutrientes. Para os componentes de produção, 10 espigas foram selecionadas e nelas se determinou o número de grãos por fileira, o número de fileiras por espiga e a massa de 1.000 grãos (3 amostras de 100 grãos).

Ao final da colheita das culturas de soja e milho, os grãos foram avaliados quimicamente para calcular a exportação dos nutrientes pela cultura.

## **2.4 Amostragem do solo**

A coleta das amostras de solo foi realizada após a colheita do milho nas safras 2019 (oito meses após a implantação) e 2020 (20 meses após a implantação). Foram coletadas amostras em cada parcela, retirando-se 10 amostras simples por parcela para compor uma amostra composta da camada de 0 - 0,20 m. Como a área recebeu adubação na linha, optou-se pela coleta de 1/3 das amostras na linha e 2/3 na entrelinha de plantio como sugerido por LANGE et al. (2019). As amostras foram analisadas em laboratório para determinação dos seus atributos químicos.

## **2.5 Análises estatísticas**

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e, quando significativos, foi realizada a comparação entre médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade com auxílio do software Genes. Foram realizados os coeficientes de correlação de Pearson da produção de grãos com os atributos de fertilidade do solo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Atributos do solo**

A calagem alterou significativamente os atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,20 m (Tabela 3a e 3b) em maior ou menor magnitude para os tratamentos testados. Essas alterações ocorreram tanto aos oito como aos 20 meses após a aplicação do calcário.

Para o pH do solo, o tratamento que recebeu calagem incorporada (T8), teve o efeito da incorporação do corretivo, com a distribuição em profundidade proporcionando efeitos rápidos na correção, atingindo 6,5, na avaliação após oito meses, o que permaneceu estável na segunda avaliação com 6,6, após 20 meses. Nos demais tratamentos que receberam a calagem sem a incorporação, o efeito na camada de 0 a 0,20 m foi menor, no entanto o pH foi considerado adequados para as plantas (T2, T4, T5, T6 e T7), ficando sempre próximo de 6,0, também com estabilidade nas duas avaliações semelhante a que recebeu a incorporação.

No tratamento sem calagem, mesmo após 20 meses, o pH praticamente não se alterou, apresentando valores em torno de 5,9, porém estatisticamente esse valor é similar. Sabe-se que existe grande variabilidade horizontal no solo e que os valores tanto de pH, como dos nutrientes podem variar muito a distância de cm, como demonstrado por Lange et al. (2019).

Tabela 3. Atributos químicos da camada de 0 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, aos oito meses 2019 (a) e aos 20 meses 2020 (b); submetidos as doses de calcário. Querência-MT.

Trat. <sup>1</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	P meh 1	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V %	Ca/Mg	Ca/CTC	Mg/CTC (%)
				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							
2019 (a)											
T1	5,8 d	20	0,04	2,4 b	0,7 b	4,0 a	7,2	46 c	3,4 b	34 d	10 c
T2	6,1 b	24	0,05	2,9 b	0,9 b	2,9 b	6,7	58 b	3,1 c	43 c	14 b
T3	6,0 c	31	0,05	3,2 b	1,3 a	3,7 a	8,2	55 b	2,4 d	39 d	16 b
T4	6,2 b	21	0,05	3,0 b	1,3 a	2,8 b	7,1	61 b	2,3 d	42 c	19 a
T5	6,1 c	23	0,07	3,3 b	0,8 b	2,5 b	6,8	63 b	3,5 b	48 b	14 b
T6	6,2 b	23	0,05	3,2 b	0,9 b	3,4 a	7,5	56 b	3,7 b	43 c	12 c
T7	6,2 b	21	0,05	3,6 b	0,8 b	2,9 b	7,4	61 b	4,5 a	49 b	11 c
T8	6,5 a	24	0,07	4,4 a	1,1 b	1,6 c	7,2	78 a	4,3 a	62 a	15 b
CV	2.1	26	2,1	13.2	19.4	18,7	13	7.6	14.2	8.7	12.5
2020 (b)											
T1	6,0 d	26	0,05	2,4 c	0,7 c	3,1 a	6,2	50 d	3,7 b	38 d	11 e
T2	6,1 c	21	0,06	2,5 c	1,0 b	2,7 a	6,2	57 c	2,5 c	40 d	16 b
T3	6,2 b	22	0,05	3,0 b	1,2 a	2,7 a	7,0	61 b	2,5 c	43 c	18 b
T4	6,3 b	30	0,05	2,6 c	1,3 a	2,5 b	6,5	62 b	2,0 d	41 d	20 a
T5	6,3 b	29	0,07	3,0 b	0,9 b	2,4 b	6,3	62 b	3,5 b	48 b	14 c
T6	6,2 b	27	0,06	3,2 b	0,9 b	2,9 a	7,0	58 c	3,7 b	45 c	12 d
T7	6,4 b	25	0,06	3,2 b	0,8 c	2,2 b	6,3	65 b	4,1 a	51 a	12 d
T8	6,6 a	29	0,06	3,7 a	1,0 b	2,1 b	6,8	69 a	3,9 b	54 a	14 c
CV	2	30	28	11	12	14	10	6	6.7	6.1	7

<sup>1</sup>Tratamentos; Potencial Hidrogênio (pH); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); acidez potencial (H+Al); Capacidade de Troca de Cátions (CTC). (T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4):3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários C1 = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; C2 = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Estudos desenvolvidos por Nolla e Anghinoni (2006); Nicolodi; Anghinoni e Gianello (2008) já mostraram que para as culturas destinadas a produção de grãos, as maiores produtividades são alcançadas com valores dentro da faixa entre 5,5 a 6,5 para pH em água. As pesquisas de Caires et al. (2000) também mostraram a importância da elevação do pH para a faixa citada anteriormente, quando se busca uma equilibrada disponibilidade de nutrientes no solo, sem comprometer o balanço nutricional das plantas com a indisponibilização dos micronutrientes, Cu, Fe, Mn e Zn provocado pela elevação excessiva do pH.

A aplicação de calcário elevou os teores de Ca no solo após oito meses, com destaque para o T8, o qual foi significativamente superior aos demais ( $4,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), resultando num acréscimo de 84% em relação ao tratamento controle ( $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). No 2º ano, destacou-se novamente o T8, seguido pelos tratamentos nos quais foram utilizados calcário C2 em mistura ao C1 (T5 a T7), todos estes com valores acima de  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , mas não tiveram diferenças estatísticas entre eles, mesmo com a variação de doses ocorridas nos tratamentos. Nos estudos de longa duração de Rodrighero; Barth e Caires (2015), observaram que as concentrações de Ca e Mg normalmente são influenciadas pela composição do calcário aplicado ao solo, condição que deve ocorrer nos próximos anos deste estudo.

Observando o T8, a aplicação ocorrida com os dois corretivos traria ao solo  $3.023 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca, o que adicionaria teoricamente na camada de 0 a 0,20 m  $5,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , juntamente com o valor inicial de Ca teríamos  $7,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . No entanto o valor encontrado na análise de solo aumentou o Ca em  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ( $4,4 - 2,4$ ), ou seja, aproximadamente 26% do cálcio aplicado constava na análise de solo após o período de reação.

No trabalho de Chapla (2017), aproximadamente 40% de Ca também constavam nos resultados analíticos após 22 meses da aplicação do corretivo. Este estudo também mostra o benefício com a aplicação de calcário com maior concentração de Ca, mostrando a importância do Ca na nutrição. O nutriente Ca é um dos que participa nos compostos para o crescimento de raízes, sem o nutriente disponível no solo a planta limita seu crescimento radicular (MARTINS et al. 2014a).

Nesse sentido, a aplicação do calcário com maior concentração de Ca é a mais indicada, pois os teores de Ca são  $< 3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e os valores de Mg próximos a  $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  que é o limite mínimo adequado para o solo na produção de grãos das culturas, como soja e milho, corroborando com Silva et al., (2018) e Andrade et al., (2019), que recomendam aplicar calcário com maior concentração de Ca quando o solo apresentar teor  $< 3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ou quando se busca adequar a relação Ca/Mg para 3 a 4:1, condição, segundo os autores, mais favoráveis para produção de grãos.

Os valores de Mg no solo foram superiores após oito meses de avaliação nos tratamentos T3 e T4, em decorrência da utilização exclusiva de calcário C1 com maior



concentração de Mg em doses de até 8,76 t ha<sup>-1</sup>, atingindo 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, seguido do tratamento T8, em que se aplicou 4,37 e 5,28 dos calcários C1 e C2, respectivamente, mas com incorporação, o que acelerou a reação no solo. Aos 20 meses, foram estatisticamente significativos novamente os tratamentos T3 e T4 para o nutriente.

O solo nos tratamentos T3 e T4 receberam doses diferentes de calcário C1, com diferentes entradas de magnésio no solo, o que deveria resultar em diferenças significativas, porém vários estudos mostram que isso pode ocorrer devido ao poder tampão do solo e a sua capacidade de troca das bases, no qual os teores de Mg, ao atingirem valores próximos a 20% na CTC do solo, saturam a capacidade de troca desse cátion, conforme se observa na Tabela 3b e condiz com a literatura (CAIRES, 2013; SILVA et al., 2018; ANDRADE et al., 2019).

O solo no início do estudo apresentava 2,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca e 0,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg, o que alcançou após oito meses 4,4 e 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente, no T8, influenciado pela condição da incorporação do calcário, mas, ao final da reação, esse valor poderia atingir (matematicamente) ~7,8 e 2,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca e Mg, fato que, observando a redução ocorrida após 20 meses (3,7 e 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), mostra uma tendência de baixa, condição observada nos solos dos tratamentos que receberam dose única.

Embora esses valores obtidos nas análises de solo não demonstram a quantidade que foi exportada pelas culturas, nas quatro safras cultivadas após a aplicação, fatores como plantas voluntárias, que estiveram presentes no campo, e os índices pluviométricos podem ter favorecido perdas no sistema. Além disso, os fertilizantes nitrogenados aplicados no solo que afetaram a disponibilidade dos nutrientes, devido alterações no pH, com seu efeito acidificante (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; CAIRES, 2013; CARNEIRO et al., 2017; RESENDE et al., 2019).

O valor da acidez potencial (H+Al) no solo aos oito meses foi menor com a calagem incorporada (T8), e se manteve inferior, nesse tratamento, após 20 meses. Porém, ocorreu igualdade entre os solos dos tratamentos T7, T5 e T4 nessa avaliação e valores médios inferiores ao obtido na primeira avaliação, exceto no T8 que teve sua melhor expressão na primeira avaliação. Carneiro et al. (2018), ao utilizarem

aumento de doses, perceberam a redução da acidez potencial, utilizando quantidades de até 6 t. ha<sup>-1</sup> de calcário, similar aos trabalhos de Anjos et al. (2011).

Os valores de V% foram superiores no T8, com a calagem incorporada (4,37 t ha<sup>-1</sup> de C2) e a superficial (5,28 t ha<sup>-1</sup> de C1), atingindo após oito meses 78%. Após 20 meses, esse mesmo comportamento foi observado, com V% igual a 69% para T8 sendo superior aos demais. O solo dos tratamentos sem incorporação, com doses além da recomendação tradicional para V% de 75 (2,68 t ha<sup>-1</sup>), ou seja, T3, T4, T7, apresentaram valores > 60%, mas, após 20 meses, na avaliação da camada de 0 a 0,20 m, foram estatisticamente superiores ao controle e ao da dose usual (T2).

O destaque dado ao T8 se deve à incorporação, que promoveu maior contato entre o corretivo e o solo, favorecendo a reação (RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015; SANTOS et al., 2018). A aplicação superficial em plantio direto concentra a reação na camada superficial e o efeito em profundidade, ao longo do perfil, é lento e com menor uniformidade no perfil (CAIRES, 2013; VIEIRA et al.; 2016; CORRÊA et al., 2018).

A relação Ca:Mg do solo, que já estava acima de 3,0 no tratamento controle, manteve-se na mistura dos calcários, e, nas aplicações que utilizaram o calcário C1 a relação se estreitou (T2 a T4), o que condiz com a literatura em relação à utilização única de calcário C1 com maior teor de Mg na sua composição (CRAVO; SMYTH; BRASIL, 2012; ANDRADE et al., 2019).

Nos estudos de Andrade et al. (2019), em vasos, essa relação esteve entre 1,4:1 a 3,7:1, sendo que o desenvolvimento inicial da cultura do milho foi melhor na relação de 2,9:1. Outro estudo desenvolvido por Lange et al., (2021), avaliando relações entre 1 a 6:1 de Ca e Mg, reforça que há interferências na relação Ca:Mg na produtividade das plantas. A mistura de calcários (T5 a T8) e o aumento nas doses mantiveram a relação acima de 3,0, mesmo no tratamento que recebeu a calagem incorporada (T8).

A porcentagem de Ca na CTC do solo foi significativa em todos os tratamentos em que houve mistura de calcários já no primeiro ano, com a maior % de Ca na CTC para T8 (62%) e se manteve com esse comportamento também na 2ª avaliação. Para a % de Mg na CTC, a maior dose de calcário C1 (8,76 t ha<sup>-1</sup> em T4) elevou os valores para ~20 que fica próximo da capacidade de retenção deste nutriente na CTC do solo.

Ao avaliar a correlação de Pearson para as safras de milho 2019 e 2020 e, safra de soja 2019/20 e as modificações nos atributos químicos do solo decorrentes da calagem (Tabela 4), verifica-se entre as correlações significativas, que há influência do pH, dos teores de Ca e da saturação por bases (V%) em relação a produção acumulada no período, destacando a influência da calagem e do fornecimento de Ca ao sistema pelo calcário C2, tendo o pH ainda influenciado a média da produtividade de milho. Entre as variáveis envolvidas na produtividade de soja, houve alta correlação entre o número de grãos por vagem e grãos por planta, com a produtividade, mostrando que plantas que seguram mais vagens e por consequência, tem mais grãos, garantem teto produtivo maior. No trabalho de Chapla (2017), ainda ficou evidente que este fator pode estar ligado ao maior fornecimento de Ca para o sistema, cimentando vagens.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis produção acumulada de grãos de três colheitas (Acum.), plantas por hectare (P.ha), produtividade de milho (PG<sup>1</sup>), produtividade da soja (PG<sup>2</sup>) Número de grãos por vagem (NGV), Número de vagens por planta (NVP), Potencial hidrogeniônico em água (pH), Cálcio do solo (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) (Ca), acidez do solo (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) (H+Al), Saturação por bases (V%), submetidos as doses de calcário. Querência-MT.

	P.ha <sup>1</sup>	PG <sup>1</sup>	NGV <sup>2</sup>	NVP <sup>2</sup>	PG <sup>2</sup>	pH	Ca	H+Al	V%
Acum.	0,51	0,89**	0,61*	0,58*	0,67*	0,71*	0,57*	-0,45	0,60*
P.ha. <sup>1</sup>	-	0,53	0,38	0,39	0,29	0,43	0,42	-0,08	0,49
PG <sup>1</sup>	-	-	0,41	0,39	0,38	0,72*	0,47	-0,56*	0,54
NGV <sup>2</sup>	-	-	-	0,97**	0,88**	0,48	0,49	-0,24	0,38
NVP <sup>2</sup>	-	-	-	-	0,84**	0,46	0,47	-0,22	0,37
PG <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	0,45	0,50	-0,20	0,41
pH	-	-	-	-	-	-	0,75**	-0,70*	0,75**
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-0,19	0,95**
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,14

\*\* e \* = significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; <sup>1</sup>Média das safras de milho 2019 e 2020; <sup>2</sup>Soja safra 2019/2020.

A produtividade acumulada de grãos foi influenciada pelo pH do solo, a correção da acidez (H+Al), o aumento nos níveis de Ca e V% entre os tratamentos proporcionaram ganhos nas culturas de soja e milho. A melhoria nos atributos químicos do solo para níveis adequados em determinada cultura, está relacionada

com o aumento na produtividade dos grãos (CAIRES et al., 2000; NOLLA E ANGHINONI, 2006; NICOLODI; ANGHINONI e GIANELLO, 2008).

Considerando os atributos químicos do solo, utilizando a correlação, podemos observar que o pH está correlacionado com os níveis de Cálcio do solo, Saturação por bases (V%) e a acidez do solo (H+Al), condições estas, decorrentes da correção do solo. Literaturas anteriores já abordam a importância na melhoria dos atributos do solo para proporcionar o aumento de produtividade das culturas (CRAVO; SMYTH; BRASIL, 2012; BORTOLUZZI et al., 2014; DALLA NORA et al., 2017).

### **3.2. Avaliação na cultura do milho**

O comprimento e diâmetro das espigas, o número de fileiras e grãos por espigas (Tabela 5) não apresentaram diferenças significativas. Em estudos comparando híbridos de milho, é possível observar a condição genética destes componentes de produção, no entanto, quando cultivado o mesmo híbrido, no mesmo ambiente, em áreas com fertilidade construída, são semelhantes (GALVÃO et al., 2014; ARAÚJO et al., 2016).

A massa de mil grãos (M1000) foi menor nas plantas do tratamento controle (T1), nos tratamentos T4, T5 e T6, na primeira safra aos oito meses, e sem diferenças na segunda safra aos 20 meses. Chapla (2017), que avaliou a massa de mil grãos pelo mesmo período de dois anos, também observou diferenças entre os tipos calcários no suprimento nutricional das plantas.

A massa seca de plantas foi influenciada no primeiro ano pela aplicação do calcário, obtendo melhor resultado, de 7898 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento com maior dose do calcário C1 (T4) em relação ao tratamento controle 6311 kg ha<sup>-1</sup> com um ganho de 25% na produção de massa seca, embora esse aumento na massa seca não tenha se refletido em produtividade, pois o híbrido é de dupla aptidão e possui alto rendimento de massa seca, que também pode ser destinado para uso em silagem.

Condição observada na análise foliar, que mostra que houve maior teor de Mg no solo, mas reduziu a absorção de K, e as plantas dos demais tratamentos também foram superiores ao controle com ganhos de até 8,1% (T2). Após 20 meses de cultivo,

essas diferenças foram reduzidas não sendo significativas entre as plantas dos tratamentos.

Tabela 5. Valores médios dos componentes de produção avaliados nas safras de milho 2019 (a) e 2020 (b) submetidos as doses de calcário. Querência-MT.

Tratamentos	CE (cm)	DE (mm)	NFE (Und.)	NGF (Und.)	M1000 (g.)	MSP (kg ha <sup>-1</sup> )	P.ha (Und.)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
2019 (a)								
T1	14,7	49	17,5	34	316 a	6311 d	42778 c	6485 d
T2	15,2	49	17,4	35	310 a	6821 b	43611 c	6798 c
T3	14,7	49	17,1	34	312 a	6623 c	45277 b	6876 b
T4	14,3	50	17,3	34	306 b	7898 a	45277 b	6729 c
T5	14,2	49	17,3	34	295 d	6303 d	45833 b	6904 b
T6	13,9	49	17,2	33	302 c	6577 c	46111 b	6701 c
T7	14,5	49	17,5	35	313 a	6607 c	43333 c	6747 c
T8	14,7	48	17,0	35	310 a	6608 c	49166 a	7465 a
C.V.%	4	2,5	2,9	4,3	11	1,7	2,6	1,1
2020 (b)								
T1	16,8	44	13,7	37	275	3990	49000	6746 c
T2	17,1	44	14,2	37	271	4100	49600	8285 a
T3	16,6	44	14,1	36	298	4002	49400	7281 c
T4	16,6	44	14,3	38	262	4300	53600	8377 a
T5	16,4	44	13,9	36	262	3899	51000	8153 a
T6	16,4	44	13,9	36	277	3641	50000	7877 b
T7	17,0	44	14,0	37	278	3904	50400	7684 b
T8	17,2	44	14,3	38	267	3900	49400	8175 a
CV %	3,6	1,7	3,8	3,7	5,6	13,9	7,7	4,6

Comprimento de espiga (CE); diâmetro das espigas (DE); número de fileiras por espigas (NFE); número de grãos por fileira (NGF); massa de mil grãos (M1000); Massa seca de plantas (MSP); Plantas por hectare (P.ha) e Produtividade de grãos (PG). (T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4): 3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários C1 = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; C2 = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A população de plantas por hectare, aos 8 meses, teve melhor resultado na calagem incorporada (T8) com 49166 plantas finais, já o tratamento controle com 42778 plantas, resultado ocorrido pela manutenção das plantas na condição de preparo do solo, que aumentou a superfície de contato para reação do calcário. Nesta condição proporcionou ao solo o fornecimento de Ca para a formação de raízes com

manutenção das plantas finais 14,9% superior, seguido pelas plantas demais tratamentos com calagem acima da dose recomendada pelo método de saturação de bases (T3 a T7) com ganhos de 7,8% (T6).

A correção do solo também teve um papel fundamental no estabelecimento da cultura, pois, no solo dos tratamentos com calcário, ocorreu manutenção da população de plantas e, essa ocorrência se deve à melhor condição de solo para as plantas e ao suprimento de Ca e Mg, nutrientes fundamentais para o estabelecimento e manutenção de estande, embora o aumento das doses não tenha produzido o acréscimo produtivo proporcional, mesmo com mistura de corretivos.

No segundo ano de cultivo, essas diferenças foram reduzidas não sendo significativas entre os tratamentos. Todavia, observou-se que a realização da calagem melhora o desenvolvimento inicial do milho e o crescimento radicular, favorecendo a manutenção do estande, e com reflexos no aumento da produção (CAIRES et al., 2002; GALVÃO et al., 2014; ANDRADE et al., 2019).

A produtividade também foi influenciada com a aplicação de calcário e o preparo do solo na primeira avaliação após 10 meses (T8), condição proporcionada pelo melhor estande de plantas, atingindo 7465 kg ha<sup>-1</sup> resultando um incremento de mais de 15,1% na produtividade em relação ao tratamento controle com 6485 kg ha<sup>-1</sup>. Todos os tratamentos com a utilização de calcário em superfície foram significativos, na resposta das plantas, com maior incremento nas plantas do T3, atingindo 6876 kg ha<sup>-1</sup>, que foi 6% superior ao controle.

Após 20 meses, com maior tempo na distribuição do calcário em perfil, o solo dos tratamentos com aplicação sem incorporação, apresentaram melhores níveis de Ca e Mg, aumento do V% e redução do H+Al, obtendo produtividades menos significativa entre eles. O tratamento com o calcário C1 aplicado na maior dose (T4) obteve melhor resposta atingindo 8377 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionando um ganho de 24,2% em relação a tratamento controle com produção de 6.746 kg ha<sup>-1</sup>, mesmo que estatisticamente igual nas plantas dos tratamentos T2, T5 e T8. O aumento dos teores de Ca e Mg no solo proporciona maior eficiência na fase reprodutiva das plantas, resultando em incremento na produtividade (BORTOLUZZI et al., 2014; ALTARUGIO et al., 2017).

Nos estudos de Rodrighero, Barth e Caires (2015), os teores de Ca e Mg foram avaliados conforme o tipo de calcário, os quais, por serem maiores, também refletiram nos teores foliares e na produção das plantas.

Os resultados de produtividade mostraram que a aplicação do calcário incorporado (T8) possibilitou a manutenção do estande das plantas de milho, e permitiu (Tabela 5) obter uma produtividade de 7.465 kg ha<sup>-1</sup>, que foi 8% superior aos demais tratamentos sem incorporação (T3) e 15% superior ao controle, na primeira safra de milho. Este comportamento não se manteve na segunda safra de milho em 2020, e as plantas nos tratamentos T2, T4, T5 e T8 foram semelhantes na produtividade de grãos.

A incorporação de calcário aumenta a superfície de contato entre corretivo e o solo, além da distribuição no perfil, o que favorece sua reação de forma mais rápida e eficiente nos períodos das chuvas (CAIRES, 2013; CRUSCIOL et al., 2016a, 2016b; JORIS et al., 2016). Além dos benefícios químicos ao solo decorrentes da calagem, no T8, o revolvimento do solo pode ter influenciado o estabelecimento das plantas, melhorando a aeração e a porosidade, entre outros efeitos.

A produtividade média do milho no segundo ano foi de 6.746 kg ha<sup>-1</sup> na ausência de calagem e o tratamento com incorporação foi de 8.175 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 21,8% a mais de ganho em produtividade. Se comparado ao T7, que teve a mesma calagem apenas de forma superficial com 7.684 kg ha<sup>-1</sup>, tem-se um aumento de 14,5% (970 kg ou 16 sacas ha<sup>-1</sup>) decorrente do efeito exclusivo da calagem. Ao se traçar um paralelo com o trabalho de Bortoluzzi et al. (2014), que ao avaliarem o efeito da calagem incorporada ou superficial e o tratamento controle com simulação da incorporação, verificaram aumento no rendimento 7,6% na soja quando comparado ao controle que não teve intervenção mecânica. Esse resultado ocorreu pelo melhor estabelecimento das raízes e a manutenção do estande das plantas, principal fator que afetou a produtividade, considerando que os demais parâmetros não foram significativos. A calagem, quando melhor distribuída no perfil do solo, favorece o desenvolvimento das raízes pelo fornecimento de Ca e Mg sem a presença do Al<sup>3+</sup> (COELHO; FRANÇA, 1995; CAIRES, 2013; CARMO; SILVA, 2016; CRUSCIOL et al., 2016a, 2016b; JORIS et al., 2016).

A análise foliar realizada na safra 2020 (Tabela 6), constata que a concentração de Ca foi superior com a mistura de corretivos com  $4,4 \text{ g kg}^{-1}$  no T7 que recebeu a metade da dose ( $5,28 \text{ t ha}^{-1}$  de C2) na implantação em superfície, obtendo aumento de 25,7% no teor foliar comparado ao controle ( $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) sem calcário, mesmo que estatisticamente iguais.

Tabela 6. Valores médios dos macros e micronutrientes avaliados no tecido foliar na cultura do milho safra 2020, destinada à produção de grãos submetidos as doses de calcário. Querência-MT

Nutr.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat. <sup>1*</sup>	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
T1	29	3,3	24,0	3,5	3,0 b	1,7	4,5	7,7	124	22 a	18
T2	28	3,5	25,1	3,5	3,4 b	1,7	4,5	9,6	127	16 b	17
T3	28	3,1	24,7	3,6	3,6 a	1,8	4,3	6,5	127	14 b	15
T4	29	3,5	22,7	3,9	3,9 a	1,8	4,2	6,9	126	15 b	16
T5	26	3,4	25,2	4,2	3,4 b	1,9	4,6	8,1	160	16 b	17
T6	29	3,7	24,8	3,9	3,0 b	1,7	5,0	8,7	141	14 b	19
T7	30	3,3	24,8	4,4	3,2 b	1,9	4,6	8,5	137	15 b	17
T8	26	3,7	23,5	4,0	3,1 b	1,7	5,0	7,3	138	14 b	17
CV (%)	8,5	13	8	11	11	11	14	27	15	16	13

<sup>1</sup> = Tratamentos; Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn) e Zinco (Zn). (T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3):  $1,75 \times C1S75$ ; (T4):  $3,27 \times C1S75$ ; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7):  $MSV\%75 \times 3,6$ , dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8):  $MV\%75 \times 3,6$ , sendo  $\frac{1}{2}$  incorporado (C2) e  $\frac{1}{2}$  em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários (C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o Mg, a absorção foi maior na medida em que ocorreu aumento das doses com calcário C1 com  $3,9 \text{ g kg}^{-1}$  no T4, que foi estatisticamente igual ao T3; os demais tratamentos foram estatisticamente iguais ao tratamento controle ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ ). Lange et al., (2021) observaram que os teores foliares são influenciados pelo corretivo utilizado, em especial o Ca e Mg que são fornecidos pela calagem. A escolha adequada do tipo de corretivo é fundamental para a obtenção de sucesso na calagem, e o fornecimento de Ca e Mg realizado por essa correção deve ser um dos critérios a ser considerado na escolha do calcário (RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015; ALTARUGIO et al., 2017).

Para os micronutrientes, o nível de Mn no solo foi significativo, com a redução em todos os tratamentos com calagem em relação ao controle, e ficou



estatisticamente igual entre os tratamentos independente da dose aplicada, pois em todos o pH ficou acima de seis.

Os resultados obtidos quando comparados aos encontrados na literatura nos trabalhos de Vitti e Ventura (2014), ou seja, estão semelhantes os resultados do Cu, Fe e Zn; ficaram abaixo os nutrientes B e Mn, o Mn adequado somente no tratamento controle, os autores apresentam o B como adequado de 7 a 25 mg kg<sup>-1</sup>, condição que fica acima dos 5 mg kg<sup>-1</sup> valor máximo encontrado neste trabalho.

Na Tabela 7 são apresentados os valores médios de nutrientes nos grãos de milho. Pesquisas atuais mostram que os teores das literaturas anteriores podem estar defasados e, para isso, Duarte et al. (2018) realizaram um levantamento e verificaram valores diferentes dos reportados pelas literaturas mais antigas, em função dos novos híbridos e dos sistemas de cultivo nas épocas de safra e safrinha (2ª safra) nos estados de SP, MS e MT, que foram os parâmetros de discussão utilizados no presente trabalho.

Tabela 7. Valores médios dos macros e micronutrientes nos grãos conduzido na safra de milho 2020 submetidos as doses de calcário. Querência-MT.

Nutr.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Trat.*	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
T1	10,2	2,7	4,3	0,15	0,9	0,9 a	1,3 b	3,3 a	32 a	5,0	25
T2	10,2	2,5	4,0	0,16	0,8	0,8 b	2,0 a	2,3 b	29 a	4,2	23
T3	9,8	2,2	3,8	0,14	0,7	0,8 b	0,8 c	2,2 b	24 b	4,5	20
T4	10,2	2,4	4,0	0,13	0,8	0,8 b	1,4 b	2,4 b	26 b	4,4	22
T5	10,2	2,5	4,2	0,14	0,8	0,8 b	0,7 c	1,6 c	25 b	4,7	22
T6	9,5	2,2	3,8	0,15	0,7	0,8 b	1,5 b	2,3 b	26 b	4,2	20
T7	11,2	2,4	4,1	0,15	0,8	0,8 b	1,4 b	3,0 a	25 b	5,0	21
T8	10,9	2,7	4,5	0,16	0,9	0,8 b	1,3 b	2,4 b	27 b	5,4	22
CV (%)	7,6	14	9,7	12,3	15	5,3	24	26	10	12	12
Média	10,3	2,5	4,1	0,15	0,8	0,8	1,3	2,4	27	4,7	21,9
Gott <sup>2</sup>	35,7	3,6	25,9	5,2	2,0	2,5	13,1	11,4	163	30,6	24,6
Duarte <sup>3</sup>	13,1	2,1	3,1	0,53	1,1	0,9	3,7	1,8	13	4,7	17,5

Nutr. = Nutrientes; Trat. = Tratamentos; Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S) Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn) e Zinco (Zn). (T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4):3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários (C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: <sup>2</sup>Gott et al. 2014; <sup>3</sup>Duarte et al.2018.

A calagem influenciou os teores dos nutrientes S, B, Cu e Fe para os grãos de milho. Para os nutrientes S, Cu e Fe pode ter havido influência da calagem, pela elevação do pH no solo nos tratamentos que receberam a calagem versus o controle, tornando-os menos disponíveis, mas também pode ter ocorrido efeito da concentração, já que na ausência de calagem a produtividade foi menor como mostra nitidamente a tabela 5.

Foi verificado que o N, Ca e B ficaram abaixo, e o K, Cu, Fe e Zn acima dos teores observados por Duarte et al. (2018) para os híbridos de milho atuais, no entanto sem grandes diferenças entre os nutrientes, condição está, semelhante às observadas nas folhas.

Para as lavouras comerciais de alta produtividade, Gott et al. (2014) criaram uma faixa considerada adequada desses nutrientes na região de Alto Paranaíba-MG, resultados estes que, comparados neste estudo, ficaram diferentes dos limites apresentados como adequados pelos autores, como foi realizado em outra região com tipos de solo e clima diferentes, alterações podem ocorrer.

### **3.3. Avaliação na cultura da soja**

Na avaliação dos componentes produtivos da soja (Tabela 8) o número de ramos laterais, massa de mil grãos e plantas por metro linear não apresentaram diferenças significativas quando submetidas aos diferentes tratamentos; o número de grãos por planta e a quantidade de vagens por planta foram as variáveis que apresentaram diferenças, sendo que plantas com mais vagens e com maior número de grãos para um mesmo estande e PMG, apresentaram maior produtividade.

Áreas que possuem uniformidade de estande independente dos tratamentos, como na presente pesquisa, não apresentaram diferenças no número de ramos laterais e no peso de mil sementes. Essas características estão ligadas à genética das plantas, e não apresentam diferenças entre indivíduos da mesma cultivar (FERREIRA et al., 2016; PETTER et al., 2016). Resultados semelhantes foram obtidos em outros trabalhos para os componentes de produção, em que, independentemente da quantidade aplicada, do método de aplicação utilizado, não influenciaram algumas

características das plantas (SOUZA et al., 2010; SALVADOR; CARVALHO; LUCCHESI, 2011).

Tabela 8. Valores médios dos componentes de produção da Soja safra 2019/20 submetida as doses de calcário. Querência-MT.

Tratamentos*	NGP (Und.)	NVP (Und.)	NRL (Und.)	PMG (g)	P.ha (Und.)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	84 d	41 d	1,6	186	229600	3939 e
T2	91 c	44 c	1,7	188	230800	4384 d
T3	86 c	42 d	1,4	189	235600	4325 d
T4	90 c	44 c	1,9	183	238200	4429 c
T5	95 b	47 b	1,3	184	238800	4600 b
T6	108 a	52 a	2,2	188	231800	5200 a
T7	96 b	47 b	1,7	187	244200	4723 b
T8	99 b	47 b	1,8	185	235600	4717 b
CV %	3,6	4,4	27,7	3,1	6,5	2,6

Número de grãos por planta (NGP); Número de vagens por planta (NVP); Número de ramos laterais (NRL); Peso de mil grãos (PMG); Plantas por hectare (P.ha) e Produtividade de grãos (PG). (T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75%( C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4):3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários (C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As plantas no T6 obtiveram maior número de vagens por planta (52), atingindo 108 grãos por planta, sendo superior que os demais tratamentos. O T8, T7 e T5 foram estatisticamente iguais, mas superiores ao tratamento controle; todos os tratamentos citados anteriormente possuem em comum a mistura de calcários, com melhor suprimento de Ca (Tabela 3). A planta, nessa condição, pode utilizar com maior eficiência os nutrientes Ca e Mg disponíveis, favorecendo seu desenvolvimento radicular e taxa de fotossíntese líquida (SALVADOR; CARVALHO; LUCCHESI, 2011; MARTINS et al., 2014b; JORIS et al., 2016).

As plantas no T6 obtiveram melhor produtividade atingindo 5.200 kg ha<sup>-1</sup> que foi 24,3% superior ao tratamento controle (3939 kg ha<sup>-1</sup>) e 11,5% superior à dose recomendada de calcário pelo método da % de Ca e Mg. Condição que favoreceu o aumento de doses para a produção dessa cultura, a produtividade foi superior a todos os tratamentos que utilizaram apenas o calcário C1, independentemente do aumento das doses.

A aplicação de diferentes doses e combinações entre calcário C2 e C1 no solo afetou apenas as concentrações de Ca e Fe nos grãos de soja, sem influência nos demais nutrientes (Tabela 9). As maiores concentrações de Ca nos grãos ocorreram na condição de mistura dos calcários (T6 a T8) e, para o Fe, destaque no T6, sendo estatisticamente igual a T1, T2 e T5.

Tabela 9. Valores médios dos teores de nutrientes nos grãos na cultura da soja safra 2019/20 submetidos as doses de calcário. Querência-MT.

Trat. <sup>1*</sup>	Nutrientes extraídos										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
T1	55	5,0	19	3,4 b	2,6	2,8	22	5,2	166 a	19	43
T2	57	4,7	18	3,2 b	2,5	2,5	20	4,0	166 a	17	39
T3	59	4,9	19	3,4 b	2,7	2,8	21	3,6	152 b	18	39
T4	48	4,9	18	3,3 b	2,6	2,6	19	3,6	134 b	16	37
T5	57	4,8	19	3,4 b	2,5	2,6	20	4,9	161 a	16	37
T6	58	4,9	19	3,7 a	2,6	2,8	21	3,7	213 a	17	41
T7	56	4,9	19	3,5 a	2,5	2,7	20	4,3	131 b	16	38
T8	59	5,1	19	3,8 a	2,7	2,7	19	5,8	149 b	18	42
CV %	9,7	6,5	5,8	6,2	5,6	6,8	11,2	27	14,4	9,2	10,4

<sup>1</sup> Tratamentos; Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn) e Zinco (Zn). (T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4):3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários (C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Essas diferenças nos grãos não costumam ser significativas, pois as plantas possuem mecanismos reguladores compensadores, com uma plasticidade no desenvolvimento, para que ocorra a distribuição adequada dos nutrientes entre os grãos, e na identificação de que não vai ter nutrientes suficientes para manter todas as estruturas reprodutivas. As plantas têm abortamento natural, deixando apenas a quantidade que possam suportar para finalizar seu ciclo, sem prejuízos à perpetuação da espécie através dos grãos formados (BERTOLIN et. al, 2010).

Magalhães et al. (2015), abordam que ocorrem variações entre cultivares e entre tamanhos das sementes, e os valores aqui encontrados na concentração dos grãos são semelhantes aos valores absolutos para os macros e micronutrientes encontrados por estes autores.

A absorção dos nutrientes por uma planta pode ser influenciada por diversos fatores, ligados a condições climáticas, diferença genética entre cultivares de uma mesma espécie, tratos culturais e disponibilidade de nutrientes no solo (DALLA NORA et al., 2017).

A exportação de nutrientes é o produto entre os teores de nutrientes presentes nos grãos e a produtividade (Tabela 10) apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 10. Exportação média de nutrientes nos grãos pela cultura da soja submetidos as doses de calcário. Querência-MT.

Trat <sup>1*</sup>	Nutrientes exportados										
	N	P <sup>**</sup>	K <sup>**</sup>	Ca <sup>**</sup>	Mg <sup>**</sup>	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg ha <sup>-1</sup>						g ha <sup>-1</sup>				
T1	218 c	20 c	76 c	14 d	10 c	11 c	87 b	20	654 b	74	171 b
T2	250 b	21 b	79 c	14 d	11 c	11 c	89 b	17	729 b	74	170 b
T3	256 b	21 b	84 b	15 c	12 b	12 b	89 b	16	656 b	77	167 b
T4	213 b	22 b	81 b	15 c	11 c	11 c	84 b	16	593 b	69	164 b
T5	263 b	22 b	85 b	16 c	12 b	12 b	94 b	23	739 b	75	169 b
T6	305 a	26 a	98 a	19 a	13 a	15 a	109 a	19	1109 a	86	214 a
T7	265 b	23 b	88 b	17 b	12 b	13 b	95 a	20	621 b	77	179 b
T8	279 a	24 a	91 a	18 b	13 a	13 b	92 b	27	703 b	86	200 a
CV	9,3	7,1	5,9	6,8	6,8	6,4	11,4	28,7	14,8	9,3	10,8

<sup>1</sup> = Tratamentos; Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn) e Zinco (Zn).

(T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4):3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários (C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

\*\* Para converter P em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K em K<sub>2</sub>O, Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66, respectivamente. Fonte: Coelho & França (1995).

Estudos com qualidade nutricional em grãos, por um lado, mostram respostas não significativas para a maioria dos nutrientes, por outro lado, a calagem altera outros nutrientes de forma benéfica, melhorando as condições para produtividade nas plantas (DALLA NORA et al., 2017). O manejo dos solos do Cerrado, quando realizado de forma incorreta, com as tabelas de adubação fixas, sem considerar a análise de solo e foliar, pode elevar os teores de alguns elementos e provocar deficiência de outros (MORAES et al., 2019).

Observou-se que as plantas do tratamento T6 apresentaram maior exportação de nutrientes, seguido pelo tratamento T8, que também exportou mais nutrientes comparadas ao controle. Um aspecto comum entre estes tratamentos é a mistura dos calcários C1 e C2 e a maior produtividade de grãos.

Aspecto relevante de ser observado é a quantidade extraída para altas produtividades, como o caso do N que utilizou os 305 kg ha<sup>-1</sup> para atingir uma produtividade de 5,2 t ha<sup>-1</sup>. Com base na adubação realizada para a produção desses grãos, o N foi aplicado apenas 16 kg ha<sup>-1</sup> (6,25%), o restante utilizado pela planta provem da fixação biológica, das reservas do solo obtidas na matéria orgânica e de restos da cultura do milho, que estão mineralizando no decorrer do cultivo. O N é um dos principais nutrientes no desenvolvimento radicular, com maior importância que o Ca, pois seu suprimento é necessário para um bom crescimento das raízes, trazendo melhor comprimento e superfície total (COELHO; FRANÇA, 1995; SILVEIRA; MONTEIRO, 2011).

O fósforo teve comportamento similar ao N em sua extração, e embora ele seja exportado em quantidades menores, apenas 26 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento T6 para atingir a mesma produção de 5,2 toneladas. O P foi aplicado na dose de 92 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e foram exportados 51 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (55%), embora esse saldo pareça positivo, geralmente uma parte fica naturalmente fixada no solo ao longo do cultivo (DUARTE et al., 2018).

O nutriente K possui grande extração pelas plantas do solo e exportação nos grãos, neste estudo ele atingiu 98 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento T6, quando a produtividade foi acima de 5 toneladas, quantia que representa 22,4% superior ao tratamento controle (76 kg ha<sup>-1</sup>); as quantias presentes nos restos culturais são liberadas logo após a morte das plantas. Fato a ser observado para que as próximas culturas não sejam comprometidas, quando utilizadas culturas de baixa produção de massa seca (MORAES et al., 2019). O potássio foi aplicado 90 kg ha<sup>-1</sup> e foram exportados 98 kg ha<sup>-1</sup>, ficando negativa para o saldo final do ciclo da cultura, restante esse que foi utilizado da liberação que ocorreu nos restos culturais em safras anteriores, e ao mesmo tempo da matéria orgânica do solo.

Os nutrientes Ca, Mg e S possuem quantidades parecidas em sua exportação, com as maiores exportações de 19, 13 e 15 kg ha<sup>-1</sup> para produção acima de 5

toneladas (T6). Solos com boa disponibilidade do Ca proporcionam melhores condições no desenvolvimento do sistema radicular (SALVADOR; CARVALHO; LUCCHESI, 2011; JORIS et al., 2016; SANTOS et al., 2018). Nos estudos de Lange et. al. (2021), os autores observaram melhor desenvolvimento radicular da soja com o aumento nos teores de Ca no solo.

Com o aumento da produtividade, a utilização de micronutrientes, ao programa da adubação de manutenção, é fundamental para se obter a resposta produtiva desejada e ou esperada, pois todos eles participam de compostos essenciais para o desenvolvimento e produção das plantas (MORAES et al., 2019).

Os teores de Boro (B), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Cobre (Cu) nos grãos de soja também não possuem respostas significativas, as condições da variação entre os níveis da calagem no primeiro ano, as principais respostas na extração estão ligadas ao volume produzido.

Os micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn reduzem a disponibilidade com o aumento do pH do solo, promovido através da reação da calagem. Embora reduzam a quantidade desses micronutrientes em algumas condições, a calagem, com altas doses, tem reflexos nas plantas em seu estabelecimento e formação, no entanto, na migração para os grãos não apresentam respostas significativas entre as diferentes doses aplicadas de calcário (CERETTA et al., 2005; VITTI; VENTURA, 2014).

A cultura da soja é responsiva à calagem, um dos principais atributos que fizeram com que a soja tivesse seus cultivos expandidos para solos naturalmente pobres foram a utilização da calagem para correção do solo, a neutralização do alumínio tóxico para as plantas, e a adição de Ca e Mg, melhorando atributos físicos e químicos do solo (SOUZA et al., 2010; SALVADOR; CARVALHO; LUCCHESI, 2011).

### **3.4 Produtividade acumulada e o retorno financeiro no período avaliado**

A produtividade acumulada nas três safras avaliadas (Figura 2) mostrou incremento de 3.187 kg de grãos por hectare quando o calcário foi incorporado (T8). As plantas de todos os tratamentos, exceto do tratamento 3, foram mais produtivas do

que no tratamento controle (sem calagem), mostrando o benefício da correção do solo para a produtividade das culturas.

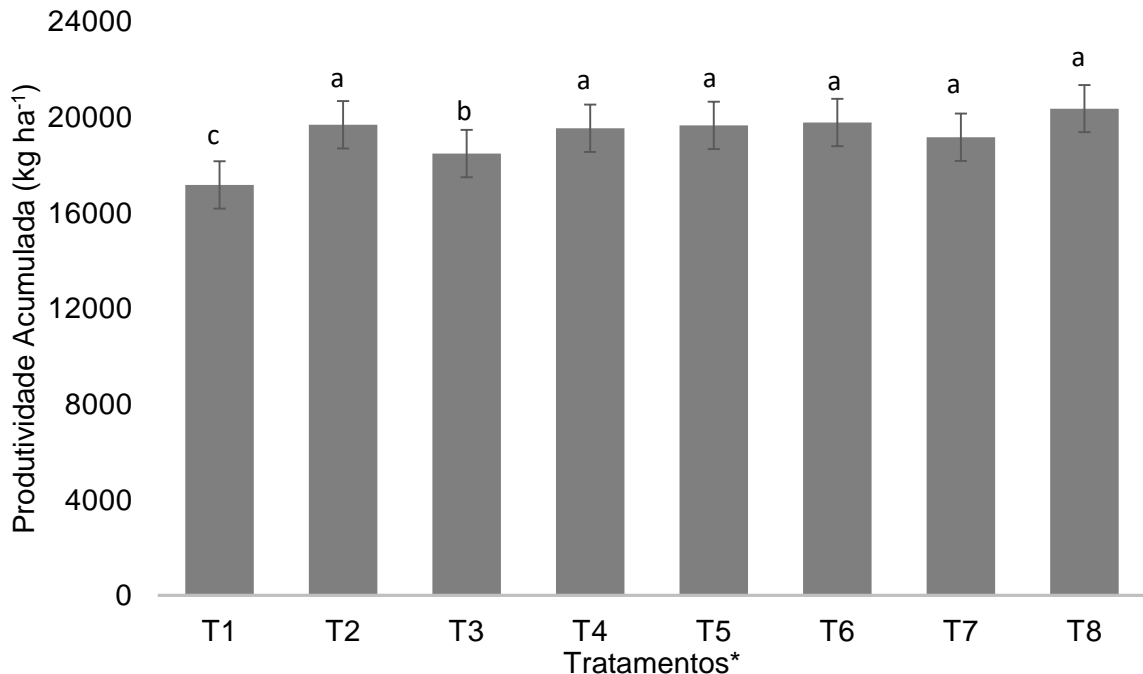


Figura 2 – Produtividade Acumulada de grãos por hectare nas safras de milho 2019 e 2020 e safra de soja 2019/20. Submetidas as doses de calcário. Querência-MT.

(T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4): 3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários (C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.  
\* Tratamentos com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Andrade et al. (2019) também observaram esse aumento da produtividade acumulada na cultura do milho, proporcionado em decorrência do aumento nos teores de cálcio e magnésio no solo e na redução da saturação por alumínio, resultados estes que também foram observados neste estudo.

A produtividade teve um acréscimo médio de 19% no tratamento T8, que simulou o sistema plantio convencional, com incorporação de parte do corretivo, o que alterou a estrutura física do solo e facilitou a reação do calcário em profundidade, obtendo melhor resposta no primeiro cultivo, 15% nas plantas dos tratamentos T2 e T6, seguidos de 14% nos tratamentos T4 e T5, 12% no T6 que recebeu calagem de



forma parcelada e 8% nas plantas do tratamento T3, sendo o que até o período avaliado teve a menor resposta, todos em comparação ao controle.

No período avaliado, o tratamento com calagem parcelada obteve maior custo para realização, uma parte ainda não foi disponibilizada pelo tempo de reação do corretivo, comparado aos demais. Durante os 20 meses, com três cultivos agrícolas avaliados, as menores doses promoveram melhor retorno (Tabela 11). No entanto, ao verificar as produtividades ao longo dessas safras, foi possível observar que, na medida da reação dos calcários no solo, ocorreu aumento na produtividade de grãos por hectare nos tratamentos em relação ao controle.

Tabela 11. Retorno econômico obtido nos tratamentos durante os dois anos no sistema plantio direto (Milho-Soja-Milho). Submetidas as doses de calcário. Querência-MT.

Trat*	Receita Bruta das culturas <sup>(1)</sup>	Custo da calagem R\$ ha <sup>-1</sup>			Retorno da calagem 2 anos (R\$ ha <sup>-1</sup> % ganho)	
		Calcário <sup>(2)</sup>	Distribuição <sup>(3)</sup>	Incorporação <sup>(4)</sup>		
T1	9577	0	0		0	100
T2	10979	389	32		982	110
T3	10375	682	32		84	101
T4	10950	1267	32		74	101
T5	11089	576	64		872	109
T6	11542	884	64		1017	111
T7	10952	1446	64		-135	99
T8	11413	1446	64	130	196	102

\* Tratamentos

<sup>(1)</sup> Valor t<sup>1</sup>: Soja R\$ 1.083,33; Milho 2019: R\$ 333,33; Milho 2020: R\$ 466,67.

<sup>(2)</sup> Custo t<sup>1</sup>: Calcário C1 R\$ 145,00; Calcário C2 R\$ 155,00

<sup>(3)</sup> Custo R\$ ha<sup>-1</sup>: incluindo trator, máquinas e mão de obra durante a operação

<sup>(4)</sup> Custo da incorporação do calcário com grade aradora 32" e grade niveladora, incluindo trator, máquina e mão de obra; Fonte: Produtor

(T1): sem calagem; (T2): elevação do V para 75% (C1S75); (T3): 1,75\*C1S75; (T4): 3,27\*C1S75; T5: M60% de Ca e 20% de Mg na CTC; T6: M75% de Ca e 25% de Mg na CTC; (T7): MSV%75\*3,6, dividido em duas épocas de aplicação (na instalação e após oito meses) e (T8): MV%75\*3,6, sendo ½ incorporado (C2) e ½ em superfície (C1), (S) = superfície; (M) = Mistura entre os calcários; calcários (C1) = 30,6% CaO; 18,1% MgO; PRNT 89,1%; (C2) = 47% CaO; 0,3% MgO; PRNT 73,8%.

Trabalhos semelhantes também mostram esse crescimento. Caires (2013), ao realizar uma revisão de literatura, observou que, ao longo dos cultivos, o maior retorno econômico ocorre com a reação do calcário no solo. Todavia, quando avaliado por maior período com até sete anos, foi benéfico o aumento da quantidade de calcário. Estudos a longo prazo, com dez anos de avaliação, mostraram que os custos são

diluídos, a produtividade se mantém maior ou mais estabilizada, aumentando a receita dos cultivos.

Vários estudos realizados em outras regiões do país apontam que as boas respostas podem ser obtidas na calagem realizada a lanço, sem incorporação, para o sistema plantio direto, embora apresente respostas em um maior período de tempo, e dependa das condições climáticas a que o solo está exposto (AMARAL et al. 2004; CALEGARI et al. 2013; CRUSCIOL et al., 2016b; JORIS et al. 2016; SANTOS et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2020a).

#### 4. CONCLUSÕES

A calagem realizada com incorporação obteve melhor resultado apenas na primeira safra.

O aumento de doses não resultou em incremento produtivo significativo para o período avaliado.

A mistura entre os corretivos proporcionou melhores teores de Ca e Mg no solo e a relação entre eles ficando acima de 3:1.

O método de saturação de bases não atingiu o V% calculado, e o método de % de cálcio e magnésio na CTC do solo não elevou os teores dos nutrientes como calculado, ambos subestimaram as doses de calcário na correção desejada.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALTARUGIO, L. M.; LOMAN, M. H.; NIRSCHL, M. G.; SILVANO, R. G.; ZAVASCHI, E.; CARNEIRO, L. M. S.; VITTI, G. S.; LUZ, P. H. C.; OTTO, R. Yield performance of soybean and corn subjected to magnesium foliar spray. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52 n. 12, dez. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017001200007>>.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 359–367, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200014>>.

ANDRADE, R. P.; JANEGITZ, M. C.; REIS, W.; NETO, E. D. M. F. Aplicação de calcário calcítico em função de diferentes relações Ca: Mg no desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Almanaque de Ciências Agrárias**, Ourinhos, p. 20-28. nov(1):

2019. Disponível em: <<http://revistaaca.unifio.edu.br/index.php/ACA/article/view/15/10>>. Acesso em: 12 nov. 2020.

ANJOS, J. L.; LAFAYETTE F. SOBRAL, L. F.; JUNIOR, M. A. L. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Ourinhos, v.15, n.11, p.1138–1142, 2011.

ARAÚJO, L. S.; SILVA, L. G. B.; SILVEIRA, P. M.; RODRIGUES, F.; LIMA, M. L. P.; CUNHA, P. C. R. Desempenho agrônômico de híbridos de milho na região sudeste de Goiás. **Revista Agro@ambiente On-line**, Roraima, v. 10, n. 4, p. 334-341, outubro-dezembro, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i4.3334>>.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; JUNIOR, E. F.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200011>>.

BORTOLUZZI, E. C.; PARIZE, G. L.; KORCHAGIN, J.; SILVA, V. R.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Soybean root growth and crop yield in response to liming at the beginning of a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38 n. 1, jan./feb., 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100026>>.

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistema plantio direto. Piracicaba: IPNI, **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 141, p. 1-13, 2013. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4A4F64F9876B415683257B3F00708191/\\$FILE/Page1-13-141.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4A4F64F9876B415683257B3F00708191/$FILE/Page1-13-141.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 24, p.161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, n. 26, p. 1011-1022, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400019>>.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; DE TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. D. F.; DOS SANTOS, D. R. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, n. 133, p. 32–39, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.05.009>>.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. **Pesquisa agropecuária**

**Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1762-1772, out. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001000008>>.

CARNEIRO, J. S. S.; FARIA, Á. J. G.; FIDELIS, R. R.; SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C. & SILVA, R. R. Diagnóstico da variabilidade espacial e manejo da fertilidade do solo no Cerrado. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 38-49, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i3.50096>>.

CARNEIRO, J. S. S.; SOUSA, S. A.; NIKKEL, M.; DEUSDARÁ, T. T.; MACHADO, A. F.; SILVA, R. R. Supercalagem: alterações em atributos químicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v.16, n.1, p.31-38, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1522>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

CERETTA, C. A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; MOREIRA, I. C. L.; GIROTTO, E.; TRENTIN, É. E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. 2005, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, may/june 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000300013>>.

CHAPLA, M. E. **Calagem superficial em área de plantio direto**. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Sinop, 2017.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2 ed. almanaque. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 71, p. 1-9, set. 1995.

CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W.; PRADO R. M.; BANZATTO D. A.; QUEIROZ R. F.; SILVA M. A. C. Surface application of lime on a guava orchard in production. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v.42: e0170203, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170203>>.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em Latossolo Amarelo Distrófico da Amazônia e sua Influência em Atributos Químicos do Solo e na Produtividade de Culturas Anuais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, may/june 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000300020>>.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARTIGIANI, A. C. C. A, ARF, O., CARMEIS FILHO, A. C. A.; SORATTO, R. P.; NASCENTE, A. S.; ALVAREZ, R. C. F. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, Rio de Janeiro, n. 137, p.87–99, 2016a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.09.009>>.

CRUSCIOL, C. A. C.; MARQUES, R. R.; FILHO, A. C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F.; CASTRO, G. S. A.; PARIZ, C. M.; DE CASTILHOS, A. M. Annual crop rotation of tropical pastures with no-till soil as affected by lime surface

application. **European Journal of Agronomy**, Finlândia, n. 80, p. 88–104, 2016b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.07.002>>.

DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C.; NICOLOSO, R. S.; GRUHN, E. M. Modern high-yielding maize, wheat and soybean cultivars in response to gypsum and lime application on no-till Oxisol. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v. 41: e0160504, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160504>>.

DUARTE, A. P.; ABREU, M. F.; FRANCISCO, E. A. B.; GITTI, D. C.; BARTH, G.; KAPPES, C. Concentração e exportação de nutrientes nos grãos de Milho. **Informações agrônomicas nº 163**, Piracicaba, p. 12-16, set. 2018. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/59DBFDA8B791955E832583290046AA6F/\\$FILE/Page12-16-163.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/59DBFDA8B791955E832583290046AA6F/$FILE/Page12-16-163.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2020.

FERREIRA, AS; BALBINOT JUNIOR, AA; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, JC; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, Campinas, v. 75, p. 362-370, 2016. Disponível em: <DOI: 10.1590 / 1678-4499.479>.

FRANCISCO, E. A. B.; KAPPES, C. Cerrado brasileiro carece de mais investimentos em práticas sustentáveis. **Visão Agrícola nº 10**, 2012. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA10-visao-setorial04.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2019.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, supl., nov./dec. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000007>>.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A.; CARVALHO, A. M. X.; SANTOS, L. P. D.; NUNES, P. H. M. P.; COELHO, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 11, p.1110–1115, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1110-1115>>.

GUARÇONI, A.; SOBREIRA, F. M. Classical methods and calculation algorithms for determining lime requirements. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.41: e0160069, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160069>>.

INAGAKI, T. M.; DE MORAES SÁ, J. C.; CAIRES, E. F.; GONÇALVES, D. R. P. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. Finlândia, v. 231, p. 156-165, 1 september 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.034>>.

JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F.; SCHARR, D. A.; BINI, Â. R.; HALISKI, A. Liming in the conversion from degraded pastureland to a no-till cropping system in southern

Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, n. 162, p. 68–77, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.04.009>>.

LANGE, A.; CAVALLI, E.; PEREIRA, C. S.; CHAPLA, M. V.; FREDDI, O. S. Relações cálcio:magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 3, p. 294-301, mai./jun. 2021. Disponível em: < DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i3.11526>>.

LANGE, A.; ZANDONADI, R. S.; GOBBI, F. C. Distribuição horizontal da fertilidade do solo em sistemas de tráfego controlado com fertilização em linha. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 3, p. 251-255, mai./jun. 2019. Disponível em: <DOI:10.31413/nativa.v7i3.7639>.

MAGALHÃES, W. A.; MEGAIOLI, T. G.; FREDDI, O. S.; SANTOS, M. A. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 13, n. 2, p. 95-100, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1189>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MARTINS, A. P.; ANDRADE COSTA, S. E. V. G. D.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; BALERINI, F.; CECAGNO, D.; CARVALHO, P. C. D. F. Soil acidification and basic cation use efficiency in an integrated no-till crop–livestock system under different grazing intensities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Finlândia, n. 195, p. 18–28, 2014a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.12/05/2014>>.

MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; CARLOS, F. S.; NICHEL, G. D. H.; SILVA, R. A. P.; CARVALHO, P. C. D. F. Amelioration of soil acidity and soybean yield after surface lime reapplication to a long-term no-till integrated crop-livestock system under varying grazing intensities. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, n. 144, p. 141–149, 2014b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.07.019>>.

MORAES, M. F.; SILVA, J. G.; GOMES, M. B.; PRADO, M. R. V.; ALMEIDA, J. P. M.; FELETTI, R. C. G. Nutrição e adubação da soja na região do cerrado. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P.; MARCHÃO, R. L.; MORAES, M. F. (Ed.). **Nutrição e adubação de grandes culturas na região do Cerrado**. Goiânia: Gráfica UFG, p. 369-418, 2019.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, n. 32 p. 237-247, 2008.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Critérios de calagem para a soja no sistema plantio direto consolidado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, n. 30 p. 475-483, 2006.

PETTER, F.A.; SILVA, J.A. da; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PACHECO, L.P.; ALMEIDA, F.A. de. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, Campinas, v. 75, p.173-183, 2016. Disponível em: <DOI: 10.1590 / 1678-4499.447>.

RESENDE, A. V.; NETO, M. M. G.; BORGHI, E.; SIMÃO, E. P.; MARTINS, D. C.; SANTOS, F. C.; COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho na região do cerrado. In. FLORES, R. A.; CUNHA, P. P.; MARCHÃO, R. L.; MORAES, M. F. **Nutrição e adubação de grandes culturas na região do Cerrado**. Goiânia: Gráfica UFG, p. 463-502, 2019.

RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo [online]**, Viçosa, 2015, v. 39, n. 6, p. 1723-1736. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150036>>.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, jan./mar. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v9i1.11060>>.

SANTOS, D. R.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; SANTANNA, M. A.; BRUNETTO, A. G.; SILVA, L. S. Long-term effect of surface and incorporated liming in the conversion of natural grassland to no-till system for grain production in a highly acidic sandy-loam Ultisol from South Brazilian Campos. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, n. 180, p. 222-231, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.014>>.

SILVA, R. R. DA; CARNEIRO, J. S. S.; LUCENA, G. N.; NETO, J. V. N. Supercalagem nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho de textura média. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, João Pessoa, v.12, n.3, p.53-58, set. 2018. Disponível em: <<https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-12-2018/volume-12-n-3-2018/09-ce-0418-07-supercalagem-nos-atributos-quimicos-de-um-latossolo-vermelho.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Influência da adubação com nitrogênio e cálcio nas características morfológicas e produtivas das raízes de capim-tanzânia cultivado em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40 n. 1, jan. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000100007>>.

SOUZA, F. R.; JUNIOR, E. J. R.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSOS, L. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um Latossolo Vermelho distroférrico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciências e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, nov./dez., 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000600001>>.

TEIXEIRA W. G.; ALVAREZ V. H.; NEVES J. C. L.; PAULUCIO R. B. Evaluation of traditional methods for estimating lime requirement in Brazilian soils. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 44: e0200078, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.36783/18069657rbc20200078>>.

TIECHER, T.; CALEGARI, A.; CANER, L.; RHEINHEIMER, D.; DOS, S. 2017. Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter

cover crops in a subtropical Oxisol. **Geoderma**, Finlândia, n. 308, p. 78-85, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.28.08.2017>>.

TIRITAN, C. S.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; FERNANDES, D. M.; NASCENTE, A. S. Tillage system and lime application in a tropical region: soil chemical fertility and corn yield in succession to degraded pastures. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, n. 155, p. 437–447, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.06.012>>.

TORMENA, C. A. Manejo físico do solo em sistemas de produção de Milho e Soja In: FANCELLI A. L. (Ed.). **Inovações tecnológicas no sistema de produção soja-milho**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2014. p. 55-66.

VIEIRA, R. C. B.; FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; ANGHINONI I, MORAES, R. P. Sampling Layer for Soil Fertility Evaluation in Long-Term No-Tillage Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40: e0150143, 2016. Disponível em: <DOI:10.1590/18069657rbc20150143>.

VITTI, G. C.; VENTURA, B. P. O papel dos Micronutrientes na fisiologia e na produtividade do Milho e Soja. In: FANCELLI A. L. (Ed.). **Inovações tecnológicas no sistema de produção soja-milho**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2014. p. 67-102.

ZANCANARO, L. Adubação de sistema na sucessão Soja – Milho: principais conceitos e resultados, In: FANCELLI A. L. (Ed.). **Inovações tecnológicas no sistema de produção soja-milho**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2014. p. 55-66.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da calagem é uma prática necessária para a construção da fertilidade, em área naturalmente pobre, como é o caso das áreas de cerrado e da Bacia Amazônica. Os métodos empregados disponíveis foram estudados no modelo do plantio convencional, com revolvimento do solo em outras regiões do País, que possuem cultivos há muitos anos, e são mais antigos e sólidos os trabalhos nas condições em que foram realizadas.

O sistema de produção soja/milho tem sido um dos mais adotados no Estado de Mato Grosso, por serem duas culturas que participam do mercado de Commodities agrícolas, com uma estabilidade de preços e garantia de venda no mercado futuro, e capaz de trazer segurança de comercialização aos produtores.

Mato Grosso teve expansão das fronteiras agrícolas nos últimos 30 anos, os estudos realizados são recentes e limitados ainda a poucas regiões. Com base nesses fatos, o estudo mostrou que a elevação das doses surtem efeitos à produtividade, pois, quando utilizadas na aplicação a lanço, mostram-se crescentes ao longo dos anos. Em avaliação de curta duração, as elevadas doses não se mostraram rentáveis devido ao custo na implantação.