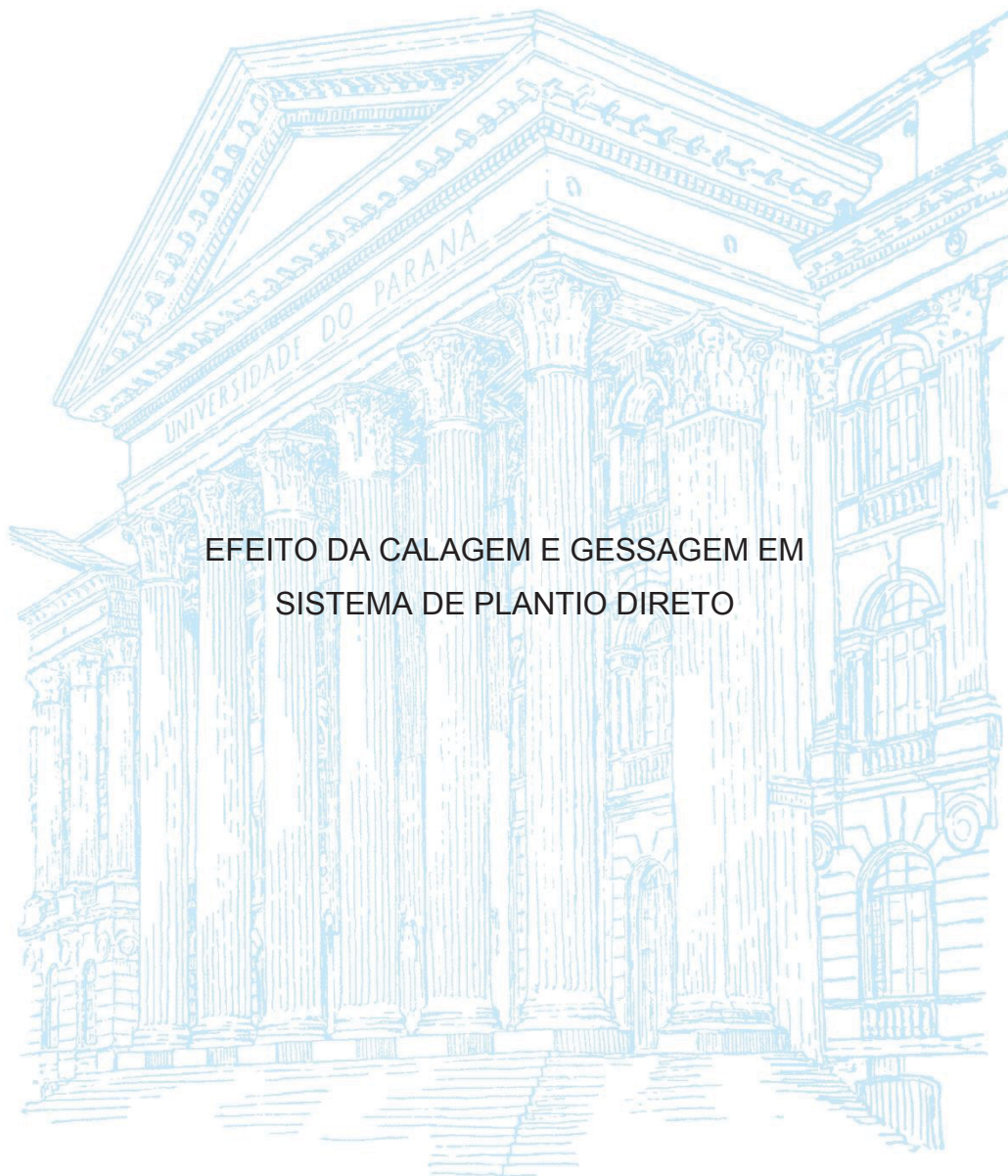


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME MARQUES CARVALHO



EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM EM
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

CURITIBA

2020

GUILHERME MARQUES CARVALHO

EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM EM
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, curso de Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador (a): Prof. Lilianne dos Santos Maia Bruz

Co-orientador (a): Jessica Lima Viana

CURITIBA

2020

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão a todos os profissionais do PECCA do curso de Especialização *latu sensu* da Universidade Federal do Paraná por todo o apoio que me deram ao longo da realização do meu trabalho.

A minha família pelo incentivo, força e orações para que tudo ocorresse da melhor maneira possível.

A minha esposa Jéssica pelo carinho, dedicação e paciência durante todo curso.

A Deus pelo dom da vida e por estar ao meu lado ajudando a realizar os meus objetivos e sonhos.

RESUMO

Os solos brasileiros em sua maioria apresentam baixa fertilidade natural, acidez elevada e presença de alumínio tóxico, o que afeta o desenvolvimento radicular das plantas, e nestas condições se faz necessário o uso de corretivos e condicionadores de solo, buscando assim corrigir a acidez e fornecer nutrientes as plantas. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento das práticas de calagem e gessagem utilizadas na correção do solo em sistema de plantio direto. A maior parte dos trabalhos consultados apontam para a baixa solubilidade inicial dos calcários e sua ação em sistema de plantio direto sem incorporação, restrita as camadas de 0 a 10 cm do solo. Por outro lado, o gesso apresenta alta solubilidade no solo, com a função de levar os nutrientes as camadas mais profundas e proporcionar melhorias nas condições químicas e físicas, sendo assim indispensável para construção da fertilidade do solo em profundidade. A recomendação, na maioria dos trabalhos é que, antes da implantação do sistema seja realizada uma calagem em área total e posterior incorporação do produto recomendado pela análise. Em razão do maior poder residual do calcário, a área permanecerá por um maior período de tempo sob efeito da aplicação do calcário. A gessagem deve ser realizada seguindo os critérios de recomendação e baseadas na análise química das camadas mais profundas. Conclui-se que os corretivos e condicionadores são eficientes e necessários para melhoria do sistema radicular das plantas, dos atributos químicos e físicos do solo e para manutenção do sistema de plantio direto, não sendo um substituto do outro e sim complementares. Estas operações são de suma importância para que a cultura do milho e da soja possam expressar o máximo do seu potencial genético e produtivo.

Palavras chave: solo, calcário, gesso, milho, soja.

ABSTRACT

Most Brazilian soils have low natural fertility, high acidity and the presence of toxic aluminum, which affects the root development of plants, and under these conditions it is necessary to use soil correctives and conditioners, thus seeking to correct acidity and supply nutrients the plants. The objective of this work was to carry out a survey of the liming and plastering practices used in soil correction in a no-tillage system. Most of the works consulted point to the low initial solubility of the limestones and their action in no-tillage system without incorporation, restricted to the 0 to 10 cm layers of the soil. On the other hand, gypsum has high solubility in the soil, thus having an important role in bringing nutrients to the deeper layers and providing improvements in chemical and physical conditions and being an important element for building soil fertility in depth. The recommendation in most studies is that, before the system is implemented, a liming in the total area is carried out and later the product recommended by the analysis is incorporated. Due to the greater residual power of the limestone, the area will remain for a longer period of time under the application of the limestone. Plastering must be carried out following the recommendation criteria and based on the chemical analysis of the deepest layers. It is concluded that the correctives and conditioners are efficient and necessary to improve the root system of the plants, the chemical and physical attributes of the soil and to maintain the no-till system, not being a substitute for the other, but complementary. These operations are of paramount importance so that the culture of corn and soybeans can express the maximum of their genetic and productive potential.

Keywords: soil, limestone, plaster, corn, soy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.2	OBJETIVOS	8
1.2.1	Objetivo Geral	8
1.2.2	Objetivos Específicos	8
1.3	JUSTIFICATIVA	8
2	MATERIAL E MÉTODOS	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1	CALAGEM E GESSAGEM EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)	11
3.2	FORMAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DA CALAGEM E GESSAGEM EM SPD.....	13
3.3	EFEITOS DA CALAGEM E GESSAGEM NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	16
3.3.1.	Dos atributos químicos	16
3.3.2.	Dos atributos físicos do solo.....	21
3.3.2.1	Densidade do solo.....	22
3.3.2.2	Porosidade do solo.....	22
3.3.2.3	Resistência do solo à penetração.....	23
3.3.2.4	Infiltração e condutividade hidráulica.....	24
3.3.2.5	Agregação e textura	25
3.4	EFEITOS DA CALAGEM E GESSAGEM NO DESENVOLVIMENTO RADICULAR.....	26
3.5	RESPOSTA PRODUTIVA DO MILHO E SOJA À CALAGEM E GESSAGEM EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	29
4	CONCLUSÃO	31
5.	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

Os solos tropicais apresentam elevada acidez e toxicidade por alumínio (Al^{3+}), além de baixos teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e pH em água abaixo de 5,5 (VERONESE et al., 2012). O corretivo de acidez mais utilizado na agricultura é o calcário (CaCO_3), por ser um produto de ocorrência natural abundante, facilmente disponível e boa distribuição geográfica (RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015).

A calagem é a ação de aplicar calcário (CaCO_3) ao solo, podendo ser incorporado ou em superfície (GUARÇONI, 2017). Por meio dessa prática, é possível elevar o pH do solo (5,5 e 6,5), neutralizar o Al^{3+} tóxico e incrementar os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , ocasionando condições favoráveis para crescimento do sistema radicular e absorção de água e nutrientes pelas plantas sendo uma prática bastante utilizada no Brasil (ZANDONÁ et al., 2015).

O calcário é um produto que contém baixa solubilidade em água, sua ação neutralizante depende da superfície de contato e da umidade do solo (RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015). Um dos aspectos importantes da calagem é a longa duração de seu efeito, sendo considerado um investimento agrícola, em decorrência dos seus benefícios que atuam por vários anos (ROZANE; NATALE, 2014).

Entretanto a incorporação do calcário nem sempre é possível nas lavouras comerciais que adotam o sistema de plantio direto (SPD) (sistema de uso sem revolvimento do solo), por esse motivo grande parte dos solos do Brasil apresentam problemas de acidez superficial (0 - 10 cm), podendo acarretar excesso de Al^{3+} nestas camadas (RAMPIM et al., 2011).

O SPD é a forma de manejo conservacionista que se fundamenta na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente por plantas e na rotação de culturas (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998).

Desde a década de 1990, o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), vem sendo utilizado no SPD, para minimizar problemas de acidez, reduzindo a toxicidade por Al^{3+} (ZANDONÁ et al., 2015). O gesso é um condicionador de solo, que possui alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons Ca^{2+} e sulfato (SO_4^{2-}) em

solução e de ser lixiviado, favorecendo desta forma, o crescimento radicular em camadas mais profundas (abaixo de 40 cm), e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes (VARGAS; MARQUES, 2017).

Nos SPD deve-se levar em consideração, o tempo após aplicação do calcário e do gesso, com o intuito de avaliar corretamente os seus efeitos, nos componentes químicos das camadas abaixo de 20 cm do solo e como isso afeta a produtividade das espécies cultivadas (PAULETTI et al., 2014).

Mediante estas informações se faz necessário realizar um levantamento bibliográfico, sobre o efeito do uso de corretivos (calcário) e condicionadores (gesso) em sistema de plantio direto, nas propriedades químicas e físicas do solo, bem como explicar os impactos na produtividade das culturas do milho e soja.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre os efeitos da calagem e da gessagem no sistema de plantio direto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Expor as estratégias de aplicação da calagem e gessagem em SPD;
- Identificar os efeitos da calagem e gessagem nas propriedades químicas e físicas do solo;
- Apresentar o efeito dessas práticas (calagem e gessagem), na produtividade do milho e soja em SPD.

1.3 JUSTIFICATIVA

A maior parte dos solos tropicais são considerados pobres quimicamente, dentre eles estão os solos do bioma Cerrado. Esses solos demandam manejo adequado e correções químicas visto que, o clima favorece a rápida decomposição dos restos culturais (LEAL et al., 2013).

Para se corrigir a acidez do solo deve-se utilizar um elemento que libere ânion e que forme um ácido fraco com o hidrogênio e ainda forneça cálcio ou cálcio e magnésio para a planta. Os materiais empregados na correção da acidez do solo tropical (calcários) são encontrados na natureza em forma de rocha, que é moída e peneirada para ser aplicada ao solo. A calagem proporciona inúmeros benefícios, como aumento do pH, neutralização do alumínio e manganês tóxicos, aumento dos teores de cálcio e magnésio, aumento da disponibilidade de fósforo e molibdênio, aumento da atividade de microrganismos (RONQUIM, 2010).

Existe a necessidade de se definirem alguns pontos em relação ao manejo de solos cultivados em SPD, como: modo de aplicação do calcário e período residual do calcário aplicado (LEAL et al., 2013). Ao longo dos anos o sucesso e a preservação do SPD são obtidos através de um planejamento adequado do manejo e da fertilidade do solo (ARF et al., 2014). Portanto, a identificação de alternativas que possibilitem a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo no SPD, partindo da aplicação calcário (CaCO_3) superficial, sem incorporação e da gessagem, pode viabilizar a permanência e o sucesso deste sistema.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de corretivos e condicionadores de solo em sistema de plantio direto, avaliando seus efeitos nas propriedades químicas e físicas do solo e sua influência na produtividade do milho e da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A revisão bibliográfica ou revisão de literatura procura explicar e discutir um tema com bases em referências teóricas publicadas em livros, periódicos, revistas e outros, essa busca visa conhecer e analisar conteúdos possíveis sobre um determinado tema (MARTINS, 2001).

Desta forma o trabalho foi desenvolvido na forma de pesquisa bibliográfica, em que artigos vinculados ao tema foram pesquisados e lidos no período de janeiro a junho de 2020. As plataformas utilizadas foram Google® Acadêmico, SciELO. Foram utilizadas revistas eletrônicas especializadas, boletins técnicos, artigos nacionais e monografias disponibilizados pela Universidade Federal do Paraná. Após a leitura, realizou-se uma classificação e interpretação atenta das informações, seguido de análise crítica, sendo expostas neste estudo levando em consideração uma linha de raciocínio lógico e coerente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CALAGEM E GESSAGEM EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)

Nos solos tropicais e subtropicais a implementação do sistema de plantio direto (SPD) contribui para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais (SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

O SPD consiste na ausência de revolvimento do solo e o cultivo é feito sob o solo coberto por palhada influenciando na conservação da água e do solo, na fertilidade, no aproveitamento de insumos, no controle de plantas invasoras, na redução dos custos e na estabilidade de produção, assim como no balanço de carbono (C) na atividade agrícola (LEAL et al., 2013).

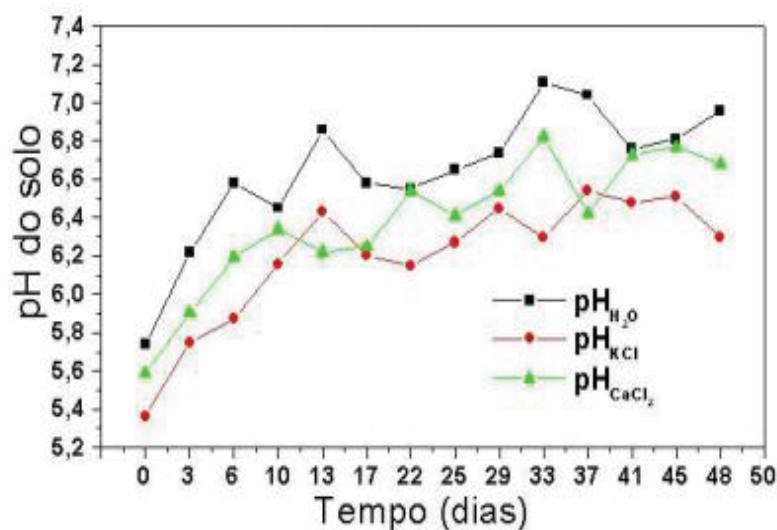
A acidificação do solo em SPD pode ser acelerada pela característica do sistema de não revolver o solo, pelo uso de fertilizantes de caráter ácido e maior concentração de restos vegetais na superfície. Esse procedimento ininterrupto ocorre de forma natural em solos de regiões úmidas onde se observa baixa disponibilidade de nutrientes e elevados teores de hidrogênio e alumínio (H^+Al). Assim, nos sistemas em que não se utiliza o preparo do solo, existe também a necessidade de aplicação de insumos, especialmente materiais corretivos de acidez (COSTA et al., 2015).

No sistema plantio direto, a correção da acidez do solo é feita por meio da aplicação de calcário na superfície sem incorporação. A calagem superficial normalmente não tem efeito rápido na redução da acidez do subsolo, particularmente em solos com cargas variáveis. Porém, dependendo dos critérios empregados na recomendação de calagem, a aplicação superficial de calcário também pode, ao longo dos anos, amenizar os efeitos nocivos da acidez em camadas mais profundas do solo (CAIRES, 2013).

Mediante o exposto, se faz necessário conhecer a dinâmica da acidez da superfície do solo no SPD, ao longo do tempo, para assim estabelecer ajustes na sugestão de calagem e na frequência de reaplicação do corretivo (AMARAL; ANGHINONI, 2001).

A intensidade do resultado da calagem sistema de plantio direto (SPD) varia em função do tipo de solo, das doses aplicadas, do atributo avaliado e do tempo transcorrido após a aplicação (PANDOLFO, 2013) conforme apresentado na Figura 1.

FIGURA 1. ALTERAÇÃO NOS VALORES DE pH DO SOLO, COLETADO A 20 cm DE PROFUNDIDADE SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO EM SÃO CARLOS (SP) (LATOSSOLO ÁLICO), E MEDIDO EM ÁGUA E EM SOLUÇÃO DE KCl E CaCl_2 APÓS ADIÇÃO DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO NA PROPORÇÃO DE 1 g DE CALCÁRIO POR Kg DE SOLO.



Fonte: Adaptado de (Ronquim, 2010).

Com o passar do tempo, após a utilização de calcário de forma superficial em SPD, vai acontecendo uma evolução positiva no gradiente de acidez da superfície de encontro ao subsolo. Uma nova aplicação de calcário em superfície no solo já corrigido com calagem pode facilitar a atividade do calcário em direção ao subsolo e prover melhoria ainda mais ressaltada na acidez do perfil (CAIRES, 2013).

Além do calcário, outros materiais como a cal virgem agrícola: óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO), a cal hidratada agrícola: hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e o hidróxido de magnésio $\text{Mg}(\text{OH})_2$. A escória de siderurgia: silicato de cálcio (CaSiO_3) e o silicato de magnésio (MgSiO_3), corais e sambaquis (depósitos marinhos de carbonato de cálcio), podem ser usados na correção da acidez do solo e são tão eficientes quanto o calcário, em alguns casos até superiores como os silicatos, óxidos e hidróxidos (CORRÊA et al., 2008).

Todavia, considerando que a calagem em superfície pode ter ação limitada às camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo, a aplicação de gesso agrícola em superfície é apontada como uma alternativa para a melhoria do ambiente radicular, compensando o reduzido efeito do calcário no subsolo, sem necessidade de incorporação prévia. O interesse pelo uso de gesso agrícola para diminuir o problema da acidez do subsolo é decorrente da sua maior solubilidade. O gesso agrícola aplicado na superfície do solo movimenta-se ao longo do perfil sob a influência da percolação de água. Como consequência obtém-se aumento no suprimento de cálcio e redução da toxidez de alumínio no subsolo (COSTA et al., 2015).

O gesso agrícola pode ser utilizado como fonte de enxofre (S) e de cálcio (Ca^{2+}) e como condicionador de subsuperfície, em SPD. O gesso tem maior mobilidade, por oferecer maior solubilidade, cerca de 150 vezes a do carbonato de cálcio poder relativo de neutralização total (PRNT) 100%, bem como proporcionar ânion de base forte (CaSO_4), isto é gesso (SO_4^{2-}) ligado ao Ca^{2+} , sendo assim o gesso agrícola irá requerer aumento nos teores de Ca^{2+} e diminuição da saturação por alumínio (Al^{3+}) em subsuperfície (COSTA; SILVA, 2019).

A partir da superfície do solo no SPD, os conhecimentos da dinâmica da correção da acidez são muito importantes e necessários para obter ajustes nas recomendações de calagem e gessagem para cultura (COSTA et al., 2015).

A adoção dos procedimentos de calagem e gessagem são essenciais para a construção da fertilidade, pois com a correção da acidez e elevação do pH do solo a uma faixa ideal, as plantas poderão absorver nutrientes e água com maior facilidade e, tendo supridas as suas exigências nutricionais, a espécie demonstrará melhor desenvolvimento, refletindo assim no aumento da sua produtividade (COSTA; SILVA, 2019).

3.2 FORMAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DA CALAGEM E GESSAGEM EM SPD

A metodologia de aplicação de calcário envolve dois aspectos principais: modo de aplicação e dose (quantidade) (VITTI; PRIORI, 2009). No SPD, a correção da acidez do solo deve ser feita por meio de incorporação. Após o estabelecimento do sistema, a correção da acidez do solo é realizada por meio da aplicação de calcário na superfície, sem incorporação (RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015).

O cálculo de necessidade de calagem tem-se baseado, nos métodos de teor de alumínio trocável, solução tampão, saturação por bases e método de elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis (RAIJ, 2011).

A escolha do corretivo ocorrerá em função dos resultados da análise de solo. Para que a calagem atinja seu objetivo, a qualidade do calcário é uma

condição básica que deve ser levada em conta no momento da escolha do produto (SFREDO, 2008).

Dentre as diversas características dos corretivos de acidez dos solos, em termos de qualidade deve-se salientar a granulometria e o teor dos neutralizantes, que determinam o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do corretivo (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

O tamanho das partículas condiciona a taxa de reatividade do calcário, uma vez que, a velocidade de neutralização depende da área superficial do corretivo em contato com o solo (RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015).

A aplicação de calcário de forma superficial e sem incorporação é uma operação bastante comum e se justifica principalmente pela manutenção positiva das características do sistema no que diz respeito aos termos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos. Quando a aplicação de calcário é realizada de modo superficial sobre a matéria orgânica (MO), ela se torna mais eficiente, pois o calcário provoca o aumento do pH do solo, maior mineralização da MO, com formação posterior de ânions (VITTI; PRIORI, 2009).

O calcário não deve ser aplicado no sulco de semeadura e sim distribuído uniformemente em área total adotando-se critérios de recomendação adequados para a estimativa da dose e frequência de aplicação (CAIRES; JORIS). A calagem pode ser feita em qualquer época do ano, contudo é importante que a aplicação do calcário seja realizada com antecedência ao plantio e/ou adubação (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

A definição do critério de calagem requer uma experimentação regional com culturas diferentes e solos que apresentam uma ampla faixa de acidez. É importante interpretar qual tipo de acidez que causa a limitação do rendimento das culturas no SPD consolidado (NICOLODI; ANGHINONI; GIANELLO, 2008).

Quando a calagem é realizada antes da gessagem, proporciona condições ideais devido ao aumento no pH, por conseguinte o gesso possa reagir tendo a possibilidade de transportar Ca^{2+} e Mg^{2+} que foram acrescentados pela calagem, para as camadas mais profundas do solo (RAMPIM et al; 2011).

Deve-se fazer uma amostragem do solo nas profundidades de 20 a 40 e 40 a 60 cm para culturas anuais e para culturas perenes amostrar também a camada de 60 a 80 cm (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005). Os principais critérios de recomendação de gesso com a finalidade de melhoria de subsuperfície são

baseados na textura do solo (% de argila), saturação de base e CTC (capacidade de troca catiônica) (Tabela 1 e 2).

TABELA 1. RECOMENDAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA, EM FUNÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DO SOLO, PARA CULTURAS PERENES E ANUAIS.

Textura do solo	Dose de gesso (kg ha ⁻¹)	
	Culturas anuais	Culturas perenes
Arenosa (< 15% argila)	700	1.050
Média (< 16 a 35% argila)	1.200	1.800
Argilosa (< 36 a 60% argila)	2.200	3.300
Muito argilosa (> 60% argila)	3.200	4.800

Fonte: Sousa et al. (2001) citado por (VITTI; PRIORI, 2009).

TABELA 2. QUANTIDADE APROXIMADA DE GESSO AGRÍCOLA A SER APLICADA, DE ACORDO COM A CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (T) E A SATURAÇÃO DE BASES (V) DO SUBSOLO.

T (mmol _c dm ⁻³)	V (%)	Dose de gesso (t ha ⁻¹)
< 30	< 10	2,0
	10 - 20	1,5
	20 - 35	1,0
30 - 60	< 10	3,0
	10 - 20	2,0
	20 - 35	1,5
60 - 100	< 10	3,5
	10 - 20	3,0
	20 - 35	2,5

Fonte: Demattê (1986) citado por (VITTI; PRIORI, 2009).

A aplicação de gesso agrícola é recomendada com base na de análise de solo de subsuperfície (20 a 40 cm) nas seguintes condições: saturação por bases < 35%; os teores de alumínio > 5 mmol_c dm⁻³; teores de Ca²⁺ < 5 mmol_c dm⁻³ ou saturação por alumínio (m%) maior que 20 (VITTI et al. 2015). Quando aplicado de forma criteriosa, nas doses recomendadas para cada solo, não se tem observado movimentação de potássio (K) e magnésio (Mg) no perfil do solo em

níveis que possam trazer problemas de perdas destes nutrientes (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005).

3.3 EFEITOS DA CALAGEM E GESSAGEM NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

3.3.1. Dos atributos químicos

Através do conhecimento da natureza química de um corretivo de solo, podemos caracterizá-lo como sendo de origem de uma base fraca, como é o caso dos carbonatos e silicatos (de ação mais lenta) ou base forte como os óxidos e hidróxidos (de ação mais rápida e enérgica). Por isso, os corretivos devem ser comercializados com a sua correta denominação, uma exigência da legislação brasileira, para que o consumidor possa utilizá-lo conforme seus constituintes da forma mais correta (ALCARDE, 2005).

Para realizar a correção da acidez do solo é necessário levar em consideração a camada amostrada conforme o sistema de uso, com o intuito de elevar a saturação por base (V%) para a faixa de 60 a 70%. No plantio direto consolidado, a aplicação do calcário é realizada na superfície na camada de solo de 0-10 cm (VITTI; PRIORI, 2009).

O calcário aplicado ao solo forma os íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e HCO_3^- (solubilização e dissociação). Este último reage com a água formando íons hidroxila (OH^-), água e dióxido de carbono (CO_2). De acordo com o esquema abaixo apresentado na pesquisa de RAIJ et al. (2011), a dissolução de carbonato de cálcio em cálcio e bicarbonato: a hidroxila reage com o íon H^+ da solução do solo, resultando em água.



Os produtos da dissolução do calcário reagem com os colóides do solo e nessa reação elevam o pH, os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , a saturação por bases e diminuem os teores de Al^{3+} e o Mn^{2+} trocáveis no solo (SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

O bicarbonato também reage com o íon H^+ , originando gás carbônico. Isso permite que a acidez do solo gradativamente seja neutralizada, inclusive o íon Al^{3+} , que é precipitado na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$.

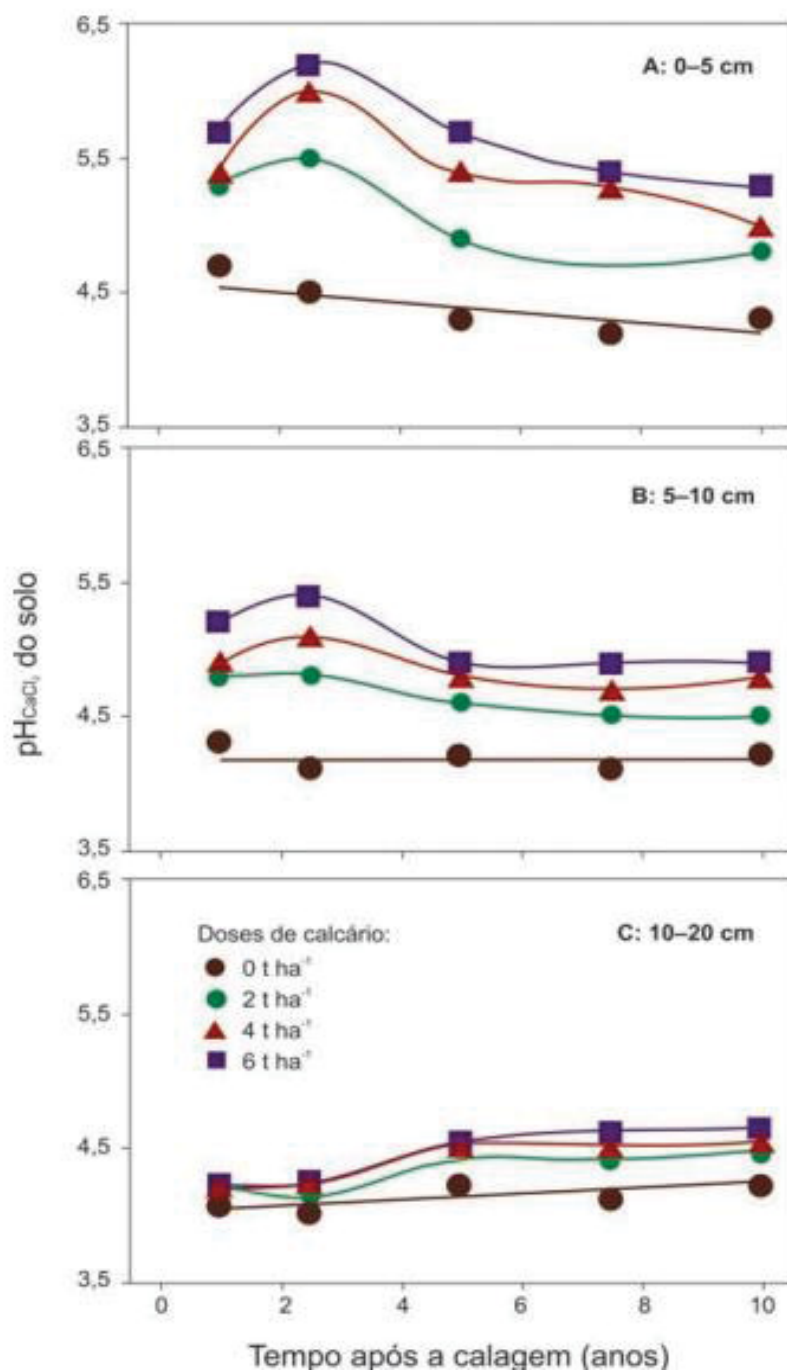
O carbonato de cálcio é um sal básico e reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização. Portanto, o carbonato de cálcio neutraliza a acidez do solo pela formação do sal, água e gás carbônico, ficando as cargas negativas expostas contrabalanceadas pelo Ca^{2+} . O importante no caso é o papel do íon carbonato de receptor de íons de hidrogênio, que perdem seu caráter ácido ao serem incorporados em moléculas de água (COSTA et al., 2015).

Calcários de diferentes granulometrias testados por Gonçalves et al. (2011), concluíram que os efeitos da aplicação do calcário em superfície perduram por mais de 24 meses, no entanto a sua ação no perfil do solo não é uniforme.

Mesmo com menor efeito residual, o calcário aplicado com PRNT 95% apresentou maior reatividade tanto em sistema de plantio direto como em cultivo convencional, quando comparado com o calcário com PRNT 56%. Nas Figuras 2 e 3, Caires (2013) demonstra as alterações químicas encontradas em função da dose e o tempo de aplicação.

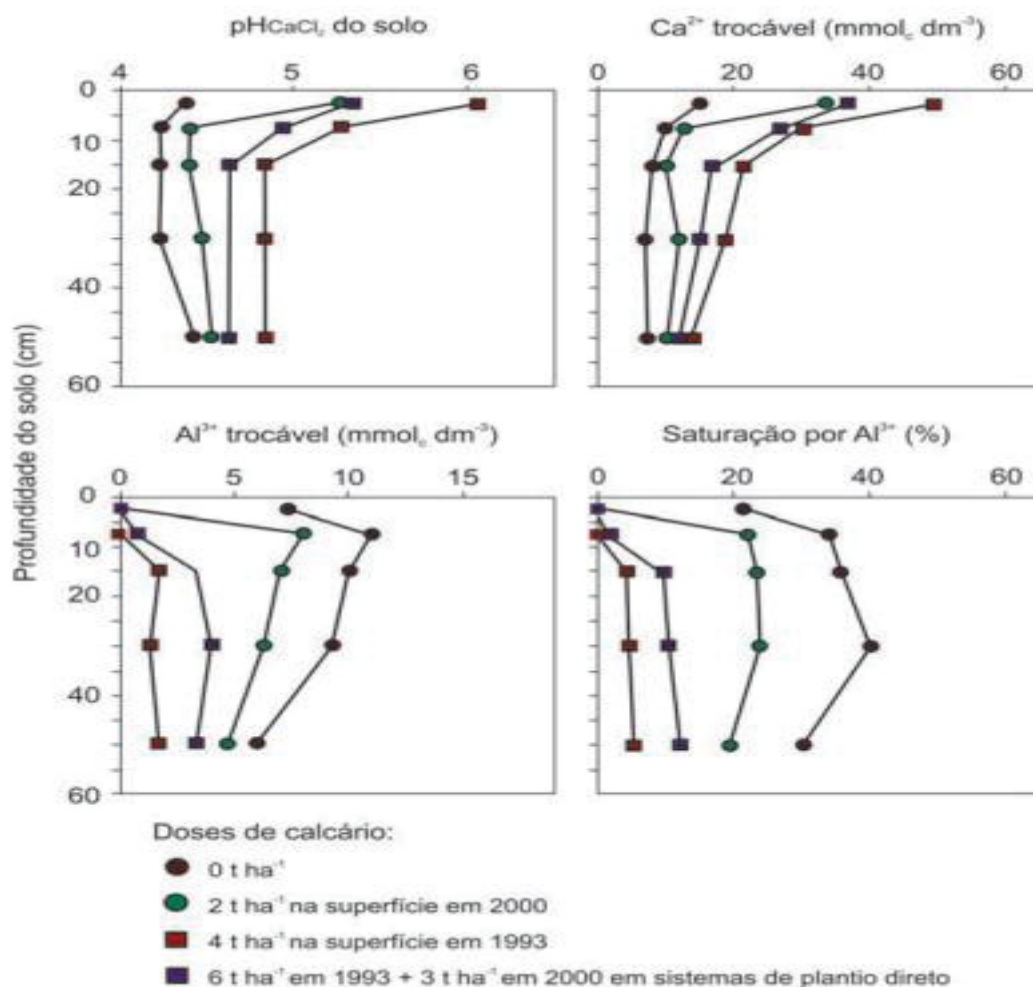
Segundo Caires (2013), quando há a aplicação de calcário de modo superficial, cria-se uma forma de correção da acidez em profundidade concordante ao tempo e a dose aplicada.

FIGURA 2. ALTERAÇÕES NO pH EM CaCl_2 E NOS TEORES DE Al^{3+} , Ca^{2+} E Mg^{2+} TROCÁVEIS, EM DIFERENTES PROFUNDIDADES DE UM LATOSSOLO VERMELHO TEXTURA MÉDIA, CALAGEM NA SUPERFÍCIE EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.



Fonte: Adaptado de (Caires, 2013).

FIGURA 3. VALORES DE pH EM CaCl_2 , Ca^{2+} TROCÁVEL, Al^{3+} TROCÁVEL E SATURAÇÃO POR Al^{3+} NO PERFIL DO SOLO PARA TRATAMENTOS COM VÁRIAS DOSES DE CALCÁRIO. AS AMOSTRAS DE SOLO FORAM COLETADAS EM 2003.



Fonte: Adaptado de (Caires, 2013).

O SPD, tem demonstrado que os efeitos da calagem aplicada na superfície para a correção das camadas subsuperficiais variam com: a dose e granulometria do produto; forma de aplicação; tipo de solo; condições climáticas, regime hídrico; sistema de cultivo e tempo decorrido da aplicação (OLIVEIRA; PAVAN apoud SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

Para melhorar as condições químicas do solo na camada subsuperficial utiliza-se a técnica de gessagem, pois o gesso agrícola apresenta maior mobilidade no perfil do solo, em relação ao calcário, por apresentar maior solubilidade, cerca de 150 vezes a do carbonato de cálcio (PRNT = 100%), bem como por apresentar ânion de base forte, isto é, o sulfato (S-SO_4^{2-}) ligado ao cálcio (VITTI; PRIORI, 2009).

O gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um condicionador de solo, que apresenta alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} em solução e ser lixiviado, enriquecendo de nutrientes as camadas subsuperficiais (RAMOS et al., 2006).

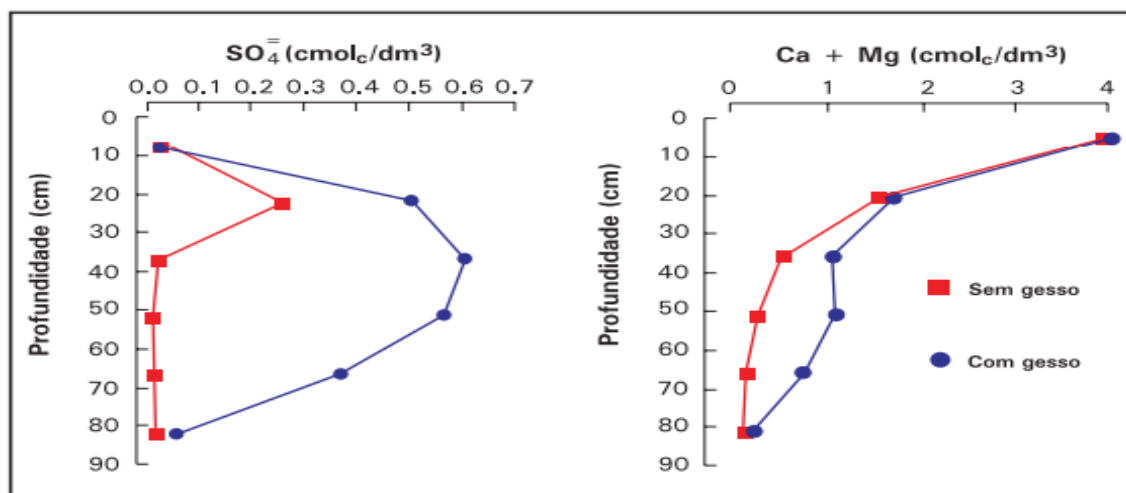
Segundo Vitti et al. (2009), a reação simplificada de dissolução do gesso agrícola no solo pode ser compreendida pelo seguinte esquema:



O resultado do gesso agrícola na diminuição dos teores de Al^{3+} e Ca^{2+} , no subsolo são decorrentes da sua solubilidade em afinidade ao calcário e da reatividade do ânion acompanhante. Na dissolução do calcário (CaCO_3 ou MgCO_3), o CO_3^{2-} se decompõe facilmente em condições de acidez, por ser menos estável que o SO_4^{2-} . Assim o deslocamento do Ca no perfil do solo é muito maior quando a fonte é o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

Segundo Ronquim (2010), em consequência dessa descida, tem-se: maior participação do Ca^{2+} e menor do Al^{3+} no complexo de troca, neutralização do excesso de alumínio, maior desenvolvimento do sistema radicular em camadas mais profundas e consequente aumento na resistência à seca. A (Figura 4) demonstra esta descida em profundidade (RONQUIM, 2010).

FIGURA 4. DISTRIBUIÇÃO DE SULFATO (SO_4) E CÁLCIO MAIS MAGNÉSIO (Ca + Mg) TROCÁVEIS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM UM LATOSSOLO COM TEXTURA ARGILOSA, SEM APLICAÇÃO E COM APLICAÇÃO DE GESSO, DEPOIS DE UM PERÍODO DE 39 MESES.



Fonte: Adaptado de SOUSA; LOBATO; REIN (2005).

3.3.2. Dos atributos físicos do solo

Os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função importante no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (GOMES; FILIZOLA, 2006).

O solo é um recurso natural de suma importância para a produção de alimentos e matérias-primas. O uso de técnicas de manejo com caráter conservacionistas é essencial para incrementar na qualidade do sistema (BERTOLLO; LEVIEN, 2019).

As características físicas do solo são interdependentes e para classificação foi proposto um modelo a partir da dificuldade de mensuração, sendo assim: (I) primários: facilmente detectáveis e (II) secundários: que precisam de análise estatística e critérios mais avançados para interpretação (Tabela 3) (STEFANOSKI et al., 2013).

TABELA 3. PRINCIPAIS ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS UTILIZADOS COMO INDICADORES PRIMÁRIOS DE INDICAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO.

Atributo físico do solo	Metodologia
Densidade	Método do anel volumétrico
Porosidade	Determinada a partir da umidade de saturação; e pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas.
Resistência a penetração	Penetrômetro (índice de cone)
Agregação	Separação por peneiramento úmido
Textura	Método de pipeta ou densimétrico
Infiltração	Infiltrômetro de anéis
Condutividade hidráulica saturada	Permeâmetro de carga constante (Laboratório) ou permeâmetro de Ghelp (campo)

Fonte: Adaptado de STEFANOSKI et al. (2013).

Os solos são compostos de macroporos e microporos, podendo ser encontrado em diferentes proporções de forma e tamanhos, denominado de porosidade total, que influencia na capacidade do solo de armazenar água (CHAGAS, 2019).

Estudos sobre efeito da gessagem nos atributos químicos do solo foram realizados por Müller et al. (2012) em Latossolo Vermelho sob plantio direto e após 50 meses da aplicação de gesso agrícola, constatou-se que não houve influência desta operação na resistência à penetração (R_p), porém, na camada subsuperficial ocorreu aumento da R_p . Houve também a diminuição da densidade do solo e a porosidade total aumentou com a gessagem até 0,15 m de profundidade. A gessagem aumentou a microporosidade e diminuiu a macroporosidade.

3.3.2.1 Densidade do solo

A densidade do solo é expressa pela razão entre a massa de sólidos e o volume do solo, essa propriedade reflete um importante indicador das alterações decorrentes do manejo do solo. Uma vez que, ação antrópica altera as propriedades físicas do solo sendo capaz de provocar perda de qualidade do solo requerendo a avaliação dessa propriedade (BRAZ, 2013).

A resistência do solo à penetração de raízes e a densidade do solo estão relacionadas com o estado de compactação deste (OLIVEIRA, 2018).

A compactação pode causar efeitos adversos no solo, interferindo, por exemplo, no processo de infiltração, o qual tem sua taxa reduzida e o escoamento superficial aumentado, favorecendo a formação de enxurradas e consequentemente da erosão, além da baixa aeração (BRAZ, 2013).

Segundo Salton; Hernani; Fontes (1998), a compactação muito intensa afeta o desenvolvimento das culturas em qualquer condição de clima. Porém, de maneira geral, para os solos muito argilosos (acima de 60% de argila), valores acima de $1,30 \text{ g/cm}^3$ podem afetar a produtividade, principalmente da soja. Esses valores críticos variam ainda de acordo com a cultura, sendo que soja, feijão e milho são mais tolerantes à compactação do que o arroz. Entretanto, somente a produtividade pode realmente indicar se uma dada compactação é ou não o fator mais limitante de uma planta ou do sistema.

3.3.2.2 Porosidade do solo

No SPD, o solo é submetido à menor tráfego, não ocorrendo o revolvimento, tendendo à compactação superficial, que tem sido constatada pelo aumento da densidade do solo e da microporosidade e pela diminuição da porosidade total (PRAGANA et al., 2012).

Quando o solo apresenta uma camada compactada superficialmente, ocorrem limitações no desenvolvimento inicial da maioria das plantas, restringindo a germinação das sementes e a implantação das culturas. Na condição de presença de camada compactada em subsuperfície, há limitações no desenvolvimento do sistema radicular das culturas e, conseqüentemente, na absorção de água e nutrientes (BERTOLLO; LEVIEN, 2019).

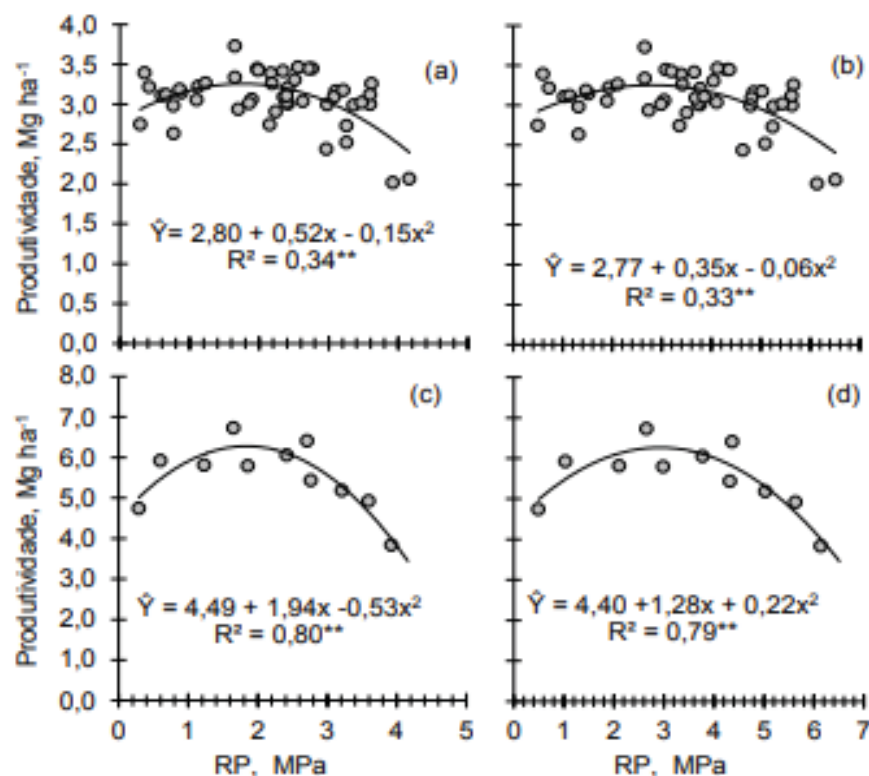
Segundo Eltz (2005), no sistema de plantio direto, a porosidade total e a macroporosidade são menores na camada superficial, mas a continuidade do espaço poroso é maior. Com o apodrecimento das raízes das culturas anteriores, criam-se no solo canais para infiltração da água da chuva. A palha preservada na superfície do solo, proporciona mais tempo para a água infiltrar. O alumínio do interior desses canais é “complexado” pela matéria orgânica e tem menor atividade, amenizando os problemas nas raízes e diminuindo a quantidade de calagem na área.

3.3.2.3 Resistência do solo à penetração

A resistência à penetração é obtida utilizando-se um Penetrômetro, sendo expressa em kg cm^{-2} ou kPa; paralelamente a essa avaliação se faz necessário obter o teor de umidade do solo. Outras formas de avaliar a resistência a penetração por métodos indiretos são pela: densidade do solo (g cm^{-3}), condutividade hidráulica (cm h^{-1}) e profundidade de raízes (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Segundo Cordeiro et al. (2013) em trabalho realizado em Latossolo Vermelho distrófico com milho e soja segunda safra, conclui que a produtividade da soja e do milho 2ª safra responde de maneira quadrática ao estado de compactação do solo, com perdas de produtividade em valores muito baixos ou altos de resistência a penetração (R_p) sendo equivalente a 2,6 MPa na capacidade de campo (CC), conforme demonstra Figura 5.

FIGURA 5. PRODUTIVIDADE DA SOJA (BRS 359 RR) (A, B) E DO MILHO 2ª SAFRA (AG 9010) (C, D) EM FUNÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO À PENETRAÇÃO (RP) DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO, ESTIMADA PARA UM CONTEÚDO VOLUMÉTRICO DE ÁGUA EQUIVALENTE A 100 (A, C) E 90% (B, D) DA CAPACIDADE DE CAMPO.



Fonte: Adaptado de CORDEIRO (2013).

A densidade do solo está estreitamente associada a resistência do solo a penetração, mostrando ser um bom indicador da compactação quando corretamente utilizado (REINERT et al., 2006).

Por meio da resistência do solo à penetração é possível avaliar se o solo apresenta uma condição de restrição, uma vez que, quanto maior o valor obtido é possível inferir que o solo apresenta um impedimento ao crescimento radicular das plantas (BRAZ, 2013).

3.3.2.4 Infiltração e condutividade hidráulica

A capacidade de infiltração é um fator importante que representa a capacidade do solo de receber água na interface solo-ar e a percolação através do perfil; a taxa de equilíbrio é atingida após uma coluna de água constante se

manter na superfície do solo por cerca de três horas. Comumente, utiliza-se o Infiltrômetro de anéis concêntricos para essas determinações e os simuladores de chuva (GOMES; FILIZOLA, 2006).

A condutividade hidráulica saturada do solo (K_{sat}) é usada nos cálculos de fluxos no solo, utilizando modelos matemáticos pode-se determinar a condutividade hidráulica não saturada (K) do solo e assim obter informações sobre o movimento de água e solutos nos solos. É um parâmetro que representa a facilidade com que o solo redireciona a água (MESQUITA; MORAES, 2004).

Segundo Lima (2010), a cobertura vegetal contribui para o aumento dos macroporos na camada superficial, aumentando a condutividade hidráulica, e protege os agregados do impacto direto das gotas de chuva, diminuindo a formação de crosta superficial. A crosta superficial é uma fina camada adensada formada devido ao impacto das gotas de chuva sobre o solo. Em sistemas de manejo pouco mobilizadores de solo, a elevada macroporosidade é devida à ação de raízes, de minhocas, de insetos presentes no solo, que, favorecem a infiltração de água.

As características químicas do solo também interferem na infiltração. O aumento da concentração de íons de sódio, potássio, magnésio ou cálcio no solo provoca a dispersão química das argilas causando a obstrução dos poros e contribuindo para a diminuição da infiltração e da condutividade hidráulica (LIMA, 2010).

3.3.2.5 Agregação e textura

A agregação é uma propriedade muito dinâmica e bastante sensível às variações decorrentes da adição de matéria orgânica, do super pastoreio animal e do tipo de manejo adotados (BRAZ, 2013), na Tabela 4 temos como exemplo.

TABELA 4. DESCRIÇÃO GERAL DOS TIPOS DE AGREGADOS PRESENTES EM UM SOLO.

Agregado	Característica
Granular e grumosa	Formas arredondadas predominantemente na superfície do solo sob influência da matéria orgânica e atividade microbológica. Os grumos apresentam poros visíveis. A sensação ao manusear o solo é de friabilidade, soltando-se facilmente dos agregados vizinhos.
Laminar	Formato laminar e formados por influência do material de origem ou em horizontes muito compactados.
Prismática e colunar	Formam-se em ambientes mal drenados e em horizontes subsuperficiais com pouca influência da matéria orgânica. Normalmente são grandes e adensados. Quando os topos são arredondados, com estrutura colunar.
Blocos angulares e subangulares	Formato cuboide e formam-se em ambientes moderadamente a bem drenados nos subsolos.

Fonte: Adaptado de REINERT; REICHERT. (2006).

A proporção relativa entre areia, silte e argila define a textura do solo o que influencia na porosidade, aeração e densidade de cargas do mesmo (MALUF et al., 2015).

3.4 EFEITOS DA CALAGEM E GESSAGEM NO DESENVOLVIMENTO RADICULAR

A localização dos corretivos e adubos nas camadas superficiais, sem a incorporação mecânica, também altera a distribuição de nutrientes no perfil do solo, influenciando a sua disponibilidade e absorção pelo sistema radicular das plantas (TISSI, 2001).

A calagem superficial ou incorporada e a aplicação de gesso no solo levam a modificações químicas no perfil que podem influenciar o crescimento de raízes das culturas anuais (CAIRES; FELDHAUS; BLUM, 2001).

A ação da calagem superficial na correção da acidez, neutralização do Al^{3+} e no aumento de cátions básicos no perfil do solo em sistema SPD, depende de alguns fatores como: o tipo de solo, a dose de calcário, o período transcorrido após a calagem, o teor de matéria orgânica do solo e a quantidade de resíduos vegetais acumulados (CIOTTA et al., 2004).

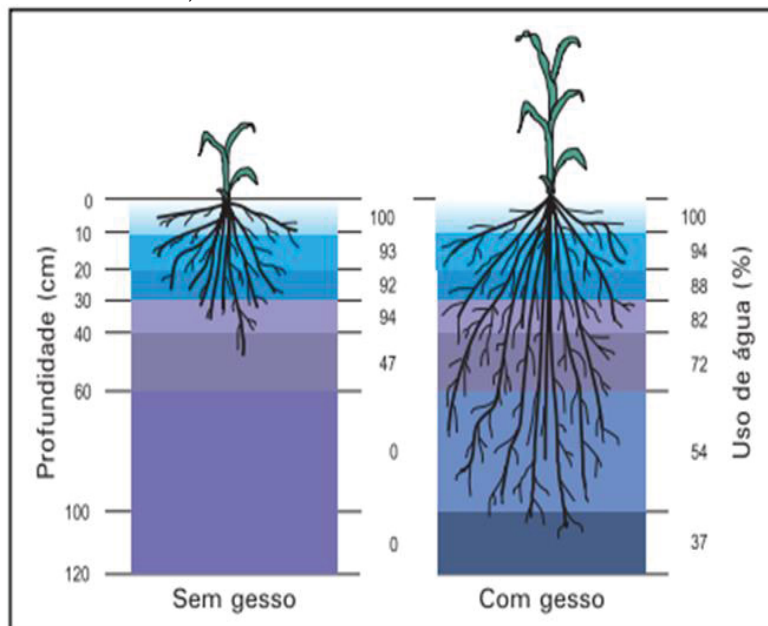
As características peculiares do sistema plantio direto também admitem a dissolução e nova precipitação de carbonatos no solo ao longo do tempo. A dissolução dos minerais constituintes do calcário (calcita e dolomita) na superfície do solo pode saturar a água infiltrada com os íons cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e bicarbonato (HCO_3^-) e, assim, à medida que o produto de solubilidade seja excedido e outras condições necessárias estejam presentes (baixa pressão parcial de CO_2 e evaporação), os referidos íons podem voltar a se precipitar em camadas inferiores (AMARAL et al., 2004).

A calagem em superfície pode ter ação limitada às camadas superficiais (0-10 cm), principalmente nos primeiros anos de cultivo, a aplicação de gesso agrícola em superfície é apontada como uma alternativa para a melhoria do ambiente radicular, compensando o reduzido efeito do calcário no subsolo, nos primeiros anos de cultivo, sem necessidade de incorporação prévia (CASTRO, 2013).

Em períodos de veranico, no entanto, a exploração do solo pelo sistema radicular pode estar limitada à camada superficial, principalmente em casos de baixos níveis de cálcio (Ca^{2+}) em profundidade, diminuindo a absorção de água e nutrientes (Figura 6). A importância da incorporação do Ca^{2+} em profundidade se deve à sua função no crescimento radicular, pela ação na divisão celular e por ser imóvel na planta (PAULETTI et al., 2014).

O gesso agrícola, um subproduto da indústria de ácido fosfórico que contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo (P) e flúor (F), muitas é um produto de fácil acesso em várias partes do mundo. A aplicação de gesso na superfície resulta em melhor desenvolvimento radicular e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes (CAIRES et al., 2004).

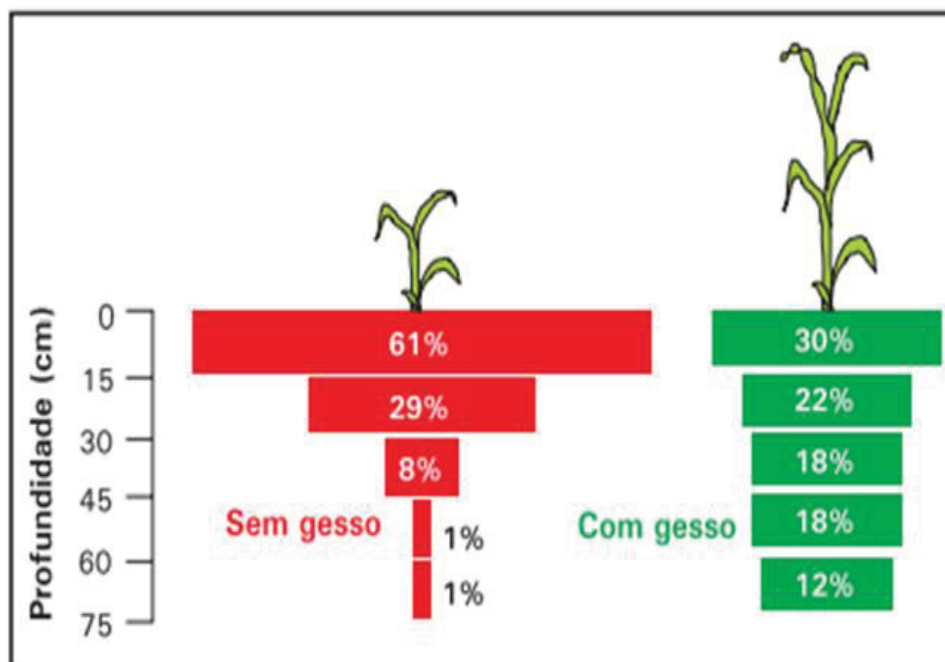
FIGURA 6. UTILIZAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA DISPONÍVEL NO PERFIL DE UM LATOSSOLO ARGILOSO PELA CULTURA DO MILHO, PARA TRATAMENTOS SEM APLICAÇÃO E COM APLICAÇÃO DE GESSO, DEPOIS DE 25 DIAS VERANICO.



Fonte: Adaptado de (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005).

O gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), é um condicionador de solo, que apresenta alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} em solução e ser lixiviado, enriquecendo de nutrientes as camadas subsuperficiais (RAMOS et al., 2006) (Figura 7).

FIGURA 7. DISTRIBUIÇÃO RELATIVA DE RAÍZES DE MILHO NO PERFIL DE UM LATOSSOLO ARGILOSO SEM APLICAÇÃO E COM APLICAÇÃO DE GESSO.



Fonte: Adaptado de (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005).

O sistema radicular pode ser comprometido e não desenvolver todo o seu potencial quando a aeração, umidade e temperatura não são adequadas. A resistência à penetração da raiz, além de depender de fatores intrínsecos do solo (textura, estrutura, mineralogia) é altamente dependente da umidade do mesmo (RAZUK, 2002). Além da água, os nutrientes são absorvidos com maior eficiência, desde o de maior mobilidade (nitrogênio), até o de menor mobilidade (fósforo) (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005).

Aliada à baixa mobilidade do Ca^{2+} no perfil do solo e na planta, além de sua absorção quase exclusiva na coifa da raiz, faz com que a adição de Ca^{2+} ofertada pelo gesso, em profundidade, seja essencial para as plantas aumentarem sua capacidade de tolerância a seca em períodos de deficiência hídrica (PAULETTI et al; 2014).

Com a melhoria das condições do solo em profundidade ocorre o aprofundamento do sistema radicular, resultando em melhor aproveitamento de água e nutrientes para o desenvolvimento das culturas e, com isso, reduzir os efeitos da deficiência hídrica às culturas nos anos de estiagem (MANTOVANI, 2017).

3.5 RESPOSTA PRODUTIVA DO MILHO E SOJA À CALAGEM E GESSAGEM EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Duas culturas de grande importância no cenário mundial são a soja e o milho. A cultura da soja é uma *commodity* que vem se expandindo a cada ano, tendo, um incremento na área plantada de 10,7%, correspondendo a 27,7 milhões de hectares. É a cultura mais plantada no SPD no Brasil com 61% das áreas cultivadas sem revolvimento do solo (OLIVEIRA, 2013).

Segundo GUTH (2019) o milho é uma das commodities agrícolas mais importantes no mundo, sendo a base alimentar de alguns países, utilizado também para produção de combustível renovável (etanol) e é a principal fonte energética para ração animal. No Brasil, o milho já se solidificou como um importante insumo para exportação e alimentação animal.

Dada importância dessas culturas (soja e milho) para o agronegócio brasileiro, várias pesquisas utilizando calcário e gesso são conduzidas para verificação da eficácia e técnicas de manejo adequada visando o aumento da produtividade. De acordo com trabalho de Caires et al. (2004), a calagem na superfície, com ou sem parcelamento, ou com incorporação, ocasionou aumento na produção de milho da ordem de 13 %. A aplicação de doses de gesso aumentou a produção de milho, sendo o aumento médio de 5 % com a maior dose de gesso aplicada (9 t ha^{-1}). A aplicação de gesso agrícola em combinação com a calagem ocasionou acréscimos na produção de milho da ordem de 17 %, mostrando ser uma estratégia eficiente para maximizar a produção de grãos.

Segundo experimentos realizados por Pauletti et al. (2014), a calagem aumentou a produtividade do milho e da soja (safra 2007/2008) em solo com elevada acidez e baixos teores de Ca e Mg em subsuperfície (abaixo de 10 cm). A aplicação de calcário aumentou a produtividade do milho, em aproximadamente 14 % (de 5.981 kg ha^{-1} , sem aplicação do corretivo, para 6.948 kg ha^{-1} , com aplicação).

A correção da acidez do solo pela calagem na superfície, em SPD melhora a nutrição da soja, aumentando a produção de grãos, em decorrência de maior disponibilidade e absorção de Mg^{2+} e de redução dos teores de alumínio (CAIRES et al., 2001). Resultados expressivos também foram encontrados por Zandoná et al. (2015), utilizando o gesso agrícola, verificou que o mesmo aumenta os teores de Ca^{2+} , redistribui o Mg^{2+} para as camadas de 10-20 cm e 20-40 cm, diminui os teores de Al^{3+} na camada de 20-40 cm e aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC), na camada de 0-10 cm de profundidade. O gesso agrícola aumentou a produtividade de grãos de milho e de soja, com resposta até a dose de 2 t ha^{-1} , com incrementos de 9,3 %, para o milho, e de 11,4 % e 11,3 %, respectivamente com e sem calcário, para a soja.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho constatou que a combinação de calagem e a gessagem em SPD é benéfica pois proporciona aumento nos teores de cálcio, magnésio e enxofre no solo aumentando assim, a capacidade de troca de cátions e diminuindo a toxidez por alumínio.

As técnicas de aplicação da calagem e gessagem para início do SPD e para um sistema já consolidado são diferentes, mas ambas deverão considerar para avaliação dos resultados da aplicação o tipo de solo, sistema de cultivo, quantidade aplicada e tempo após aplicação. Para a maioria dos trabalhos consultados, antecedendo a implantação do SPD, o corretivo deve ser incorporado e em quantidades suficientes para se ter um grande efeito residual.

A calagem e a gessagem são essenciais para uma melhor estruturação do ambiente solo, o que reflete diretamente de forma benéfica para aumento na produtividade do milho e da soja em SPD.

5. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**. Anda - Associação Nacional para Difusão de Adubos, São Paulo, 2005.

AMARAL, A. S; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.695-702, 2001.

ARAUJO, R. S; DEMATTÊ, J. A. M; GARBUIO F. J. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: Alterações químicas no solo cultivado com milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.33, p.1755-1764, 2009.

ARF, O; RODRIGUES, R. A. F; NASCENTE, A. S; LACERDA, M. C. Gesso aplicado na superfície do solo no desenvolvimento do arroz de termos altos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.11, p.1136-1141, 2014.

BERTOLLO, A. M; LEVIEN R. Compactação do solo em sistema de plantio direto na palha. **Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, n.3, p. 208-218, 2019.

BRAZ, R. S. **Qualidade do solo medida por indicadores físicos em área com aplicação de resíduo de caju**. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, 2013.

CAIRES, E. F. **Correção da acidez do solo em sistema plantio direto**. Informações Agronômicas, 2013.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho a calagem e aplicação do gesso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.28, p.125-136, 2004.

CAIRES, E. F. et al. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.30, p.87-98, 2006.

CAIRES, E. F. et al. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.25, p.1029-1040, 2001.

CAIRES, E.F; FELDHAUS, I. C; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Revista Bragantia**, v. 60, n.3, Campinas, 2001.

CAIRES, E. F; JORIS, H. A. W. **Uso de corretivos granulados na agricultura**. Informações Agronômicas n.154, 2016.

CASTRO, A. M. C et al. Tempo de reação de calcário e gesso no desenvolvimento da planta de milho. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.6, n.3, p.10-25, 2013.

CHAGAS, P. H. M. **Características físicas do solo e produção de milho e soja influenciadas por doses de calcário e gesso na implantação do sistema de semeadura direta**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

CIOTTA, M. N. et al. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo bruno em plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.28, p.317-326, 2004.

CORDEIRO, J. R. Valores críticos de resistência à penetração em diferentes conteúdos de água do solo na sucessão soja/milho 2ª safra. **XI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, 2013.

CORRÊA, J. C. et al. Aplicação superficial de diferentes fontes de corretivos no crescimento radicular e produtividade da aveia preta. **Revista Brasileira Ciência Solo**, n.32, p.1583-1590, 2008.

COSTA, C. H. M. Gessagem no sistema plantio direto. **Jornal Ciências da Agronomia**, Umuarama, v 4, n° especial, p.201-215, 2015.

COSTA, J. R. R; SILVA, R.T. **ph do solo, estado nutricional e produtividade do milho sob plantio direto em função de calagem e gessagem**. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Crescimento radicular e aéreo de cultivares de arroz de terras altas em função da calagem. Solos e Nutrição de Plantas, **Bragantia**, Campinas, v.71, n.2, p.256-263, 2012.

ELTZ, F. L. F. **Influências do manejo nas propriedades dos solos**. Perfil de solo em área de plantio de soja; MT, 2005.

GOMES, M. A. F; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 2006.

GUARÇONI, A. Saturação por bases para o cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. **Coffe Science**, Lavras, v.12, n.3, p.327-336, 2017.

GUTH, T. L. F. **Perspectivas para a Agropecuária**. CONAB Companhia Nacional de Abastecimento, v.7, p.70, safra 2019/2020.

LEAL, A. J. F. et al. Adubação nitrogenada para milho com uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.37, p. 91-501, 2013.

LIMA, G. L. **Estimativa da infiltração da água no solo utilizando o modelo de green-ampt**. Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e

Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, 2010.

LOPES, A. S; SILVA, M. C; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. Associação Nacional Para Difusão de Adubos, Boletim Técnico n 01, janeiro 1991.

MALUF, H. J. G. M. et al. Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.39, p.1681-1689, 2015.

MANTOVANI, A. et al. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de gesso e calcário. **Revista Científica Eletrônica Arquivos**, v.10, 2017.

MARTINS, G. A; PINTO, R. L. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**. São Paulo: Atlas, 2001.

MESQUITA, M. G. B. F; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência rural Santa Maria**, v.34, n.3, p.963-969, 2004.

MULLER, M. M. L. et al. Qualidade estrutural de um Latossolo vermelho de plantio direto 50 meses após a aplicação do gesso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.36, n.3, 2012.

NOLLA, A; ANGHINONI, I. Critérios de calagem para a soja no sistema plantio direto consolidado. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.30, n.3, 2006.

OLIVEIRA, M. P. **Características físicas do solo e produção de soja influenciadas por plantas de coberturas e doses de calcário e gesso**. Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal Mato Grosso do Sul, 2018.

OLIVEIRA, W. A. S. **Modos de aplicação e reaplicação de calcário nas culturas de milho e soja em plantio direto: efeito residual.** Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Ilha Solteira - SP, 2013.

PANDOLFO, C. M; SCHERER, E. E; VEIGA, M. **Atributos químicos do solo e resposta das culturas à calagem superficial no sistema de plantio direto.** Epagri. Boletim técnico, 158, 2013.

PAULETTI, V. et al. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.38, p.495-505, 2014.

PRAGANA, R. B. et al. Qualidade física de Latossolos amarelos sob plantio direto na região do cerrado Piauiense. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.36, n.5, 2012.

RAMOS, L. A. et al. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.30, p.849-857, 2006.

RAMPIM, L. et al. Atributos químicos do solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.35, p.1687-1698, 2011.

RAZUK, R. B. **Avaliação do sistema radicular de acesso de brachiaria brizantha e suas relações com atributos químicos físicos do solo.** Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2002.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** International Plant Nutrition Institute, 2011.

REINERT, D. J. et al. **Qualidades físicas do solo.** Conferência, julho de 2006.

REINERT, D. J; REICHERT, J. M. **Propriedade física do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2006.

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 Ciência Solo**, v.39, p.1723-1736, 2015.

RONQUIM, C. C. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Embrapa, 2010.

ROZANE, D. E; NATALE, W. **Calagem, Adubação e Nutrição Mineral de Anonáceas**. Edição Especial; v.36 p.166-175, fevereiro, 2014.

SALTON, J. C; HERNANI, L. C; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto**. Embrapa, 1998.

SFREDO, G. J. **Calagem e adubação da soja**. Circular Técnica, Embrapa, Londrina, PR, Setembro, 2008.

SORATTO, R. P; CRUSCIOL, C. A. C. **Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém implantado**. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.32, p.675-688, 2008.

SOUSA, D. M. G; LOBATO, E; REIN, A. T. **Uso de gesso agrícola nos solos do cerrado**. Circular Técnica 32, Embrapa, janeiro, 2005.

STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.1, n.12, Campina Grande, 2013.

TASSI, A. J. **Crescimento radicular e nutrição de milho, cultivado em sistema de plantio direto em função da aplicação superficial de calcário Latossolo argiloso**. Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade do Paraná, 2001.

VARGAS, G; MARQUES, R. Crescimento e nutrição de angico e canafistula sob calagem e gessagem. **Artigo Original Floresta e Ambiental**, 2017.

VERONEZE, M. et al. Plantas de cobertura e calagens na implantação dos sistemas plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1158-1165, 2012.

VITTI, G. C. et al. Estudos confirmam efeitos favoráveis do gesso agrícola à cultura do milho. **Revista Visão Agrícola**, n.13, 2015.

VITTI, G. C; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao plantio direto. **Revista Visão Agrícola**, n.09, 2009.

ZANDONÁ, R. R. et al. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Trop. Goiânia**, v. 45, n.2, p128-137, 2015.