

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MARIA CLARA SOARES**

**DINÂMICA DE CÁTIOS EM SOLOS DO CERRADO COM APLICAÇÃO DE  
CORRETIVOS E PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**Uberlândia – MG  
Novembro – 2010**

**MARIA CLARA SOARES**

**DINÂMICA DE CÁTIONS EM SOLOS DO CERRADO COM APLICAÇÃO DE  
CORRETIVOS E PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia, da  
Universidade Federal de Uberlândia, para  
obtenção do grau de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientador: Beno Wendling

**Uberlândia – MG**  
Novembro – 2010

**MARIA CLARA SOARES**

**DINÂMICA DE CÁTIONS EM SOLOS DO CERRADO COM APLICAÇÃO DE  
CORRETIVOS E PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia, da  
Universidade Federal de Uberlândia, para  
obtenção do grau de Engenheiro  
Agrônomo.

Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Ivaniele Nahas Duarte  
Membro da Banca

Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Heliomar Baleeiro de Melo Júnior  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Beno Wendling  
Orientador

## RESUMO

O objetivo foi avaliar o comportamento dos corretivos analisados que foram: sem corretivo; carbonato de cálcio p.a. e silicato de cálcio p.a.; em profundidade nos solos do Cerrado, com a presença ou ausência de palha de cana-de-açúcar. No experimento foram utilizados dois solos distintos, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico e Neossolo Quartzarênico órtico típico. As colunas foram divididas nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 e 50-60. As amostras de solo de todas as profundidades foram secas ao ar e peneiradas em tamis de 2mm e destinadas a análise química para a determinação de pH(CaCl<sub>2</sub>) e Ca, Mg e Al trocáveis, segundo EMBRAPA (1999). Os dados obtidos contataram que o corretivo carbonato de cálcio colaborou melhor com as variáveis analisadas do solo, e ofereceu melhores resultados físico-químicos ao solo, nas profundidades de 0 a 10 e de 10 a 20, do que os resultados obtidos pelo corretivo silicato de cálcio.

**Palavras chave:** manejo do solo; corretivos; restos vegetais.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	05
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	07
2.1 Acidez do solo e calagem.....	07
2.2 Comportamento de silicatos como corretivos de acidez.....	09
2.3 Efeito da palhada de cana-de-açúcar sobre os atributos químicos do solo.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Local de Condução do Experimento.....	13
3.2 Delineamento experimental.....	13
3.3 Substrato.....	13
3.4 Obtenção das amostras de palhada de cana-de-açúcar.....	13
3.5 Obtenção das amostras de solo em profundidade.....	14
3.6 Análise Estatística.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [ *Glycine max* (L) Merrill ] é um grão muito versátil que dá origem a produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. Na alimentação humana, a soja entra na composição de vários produtos, pode ser utilizada na alimentação animal, indústria de adesivos e nutrientes, porém seu uso mais conhecido é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto. Nesse processo, também é produzida a lecitina, um agente emulsificante (substância que faz a ligação entre a fase aquosa e oleosa dos produtos), muito usada na fabricação de salsichas, maioneses, entre outros produtos. Recentemente a soja vem sendo utilizada como fonte alternativa de energia, no que se diz respeito à obtenção de biodiesel (EMBRAPA, 2008).

A EMBRAPA (2008) registra que na safra 2007/2008 a área plantada com soja no mundo foi em torno de 90,8 milhões de hectares, com uma produção de aproximadamente 220,9 milhões de toneladas. Desses valores a América do Sul participou com 41,7 milhões de hectares, obtendo uma produção em torno de 116,4 milhões de toneladas. O Brasil foi considerado o segundo maior produtor mundial de soja, com uma área plantada de 21,3 milhões de hectares e com uma produção chegando próximo aos 60,0 milhões de toneladas. O Mato Grosso foi o principal estado produtor de soja, com uma área plantada de aproximadamente 3,98 milhões de hectares e produção 11,896 milhões de toneladas. A CONAB (2009) relata que a área plantada com soja no Brasil na safra 2008/2009 foi aproximadamente 2% superior que na safra 2007/2008 alcançando assim em torno de 21,7 milhões de hectares.

De acordo com EMBRAPA (2009), a produtividade da soja convencional foi entre 5% e 10% superior à soja transgênica na safra 2007/2008. Na safra 2008/2009, a produtividade da soja convencional foi de 5% a 8% superior à produtividade da soja transgênica e as produtividades médias, respectivamente ficaram entre 48,5 e 58,35 sacas por hectare, o que correspondem a 2910 e 3501 kg ha<sup>-1</sup>.

Para Juliatti et al. (2005), a exploração econômica do potencial de rendimento da soja (4000 kg ha<sup>-1</sup>) dificilmente é alcançada, sendo o rendimento médio anual de 2200 kg ha<sup>-1</sup>, e as doenças destacam-se como um dos principais fatores limitantes desse rendimento, da lucratividade e do sucesso da produção de soja.

Nos últimos quinze anos, a produtividade média dos canaviais paulistas sofreu significativa elevação, mesmo com a expansão da cultura em solos de menor fertilidade. Dentre os fatores que contribuíram para o aumento da produtividade, destaca-se a adubação

balanceada, que em conjunto com outras técnicas de manejo, permitiram ao estado de São Paulo alcançar o maior índice de produtividade do país:  $78,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

O plantio da soja em áreas de renovação de canaviais já mostrou ser uma prática conservacionista e rentável. A novidade está na forma desenvolvida para o plantio dessa cultura, a qual consiste em fazer a semeadura direta sobre a palha da cana-de-açúcar colhida mecanicamente e sem queimar, ou seja, sem a necessidade de movimentação do solo através de operações como subsolagem, aração e gradagem.

O plantio da leguminosa na renovação do canavial permite ao produtor diversificar a sua produção e principalmente proteger o solo durante o período chuvoso, além de melhorar a fertilidade do solo através da incorporação do nitrogênio ao sistema, resultado da fixação simbiótica.

Atualmente, há uma nova tendência mundial para a produção de energia que é o bio-combustível. O Álcool da cana-de-açúcar é o principal bio-combustível, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Assim, a expansão da cana-de-açúcar em áreas sob ecossistema cerrado está aumentando rapidamente. As condições edafoclimáticas do ecossistema cerrado possuem algumas particularidades, como concentração de chuvas com escassez durante oito meses do ano, solos altamente intemperizados e dessilicizados, ácidos, com alta saturação por alumínio e baixa saturação por bases. Assim, novas tecnologias de manejo do solo, como plantio direto sobre a palha em áreas de colheita mecanizada, calagem e silicatagem podem proporcionar melhor adaptação da cana a essas condições edafoclimáticas.

Estudos realizados com silício demonstram o efeito benéfico de sua aplicação no aumento de produção de diversas culturas como a cana-de-açúcar, arroz e outras gramíneas. Mesmo não sendo essencial, do ponto de vista fisiológico para o desenvolvimento das plantas, a sua absorção traz inúmeros benefícios tais como a resistência ao acamamento, a maior tolerância ao déficit hídrico, principalmente na cana-de-açúcar. Isto mostra a “essencialidade agrônômica” deste elemento, que contribui no controle de pragas e doenças e no aumento de produção desta cultura.

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de doses de calcário e silicato sobre os atributos químicos da superfície e em profundidade no solo sob ecossistema de cerrado.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Acidez do solo e calagem

Dentre os fatores ambientais do solo, os ligados à acidez (pH, saturação por bases, acidez potencial e solubilidade de nutrientes) são os que mais interferem na produtividade, especialmente nas regiões tropicais (BOARETTO et al., 1996).

É de conhecimento disseminado a importância da calagem para a melhoria das condições bio-físico-químicas dos solos, sendo estas refletidas pelas plantas através do aumento dos lucros obtidos com a produtividade agrícola (BOARETTO et al., 1996). Esta prática, de fundamental importância em solos ácidos, torna-se indispensável na maioria dos casos (QUAGGIO, 1992), porém, nem sempre é realizada ou é feita de modo inadequado e, portanto, ineficaz.

A aplicação de calcário promove a elevação do pH, neutralização do alumínio tóxico fornece cálcio e magnésio, propicia um maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, melhorando a eficiência no uso de nutrientes e água que estão no solo. Assim, a utilização de corretivos da acidez, torna-se imprescindível para atingir elevadas produtividades, sendo o investimento que maior retorno proporciona, quando comparado à aplicação de outras tecnologias, tais como irrigação, tratamento fitossanitário e mesmo a adubação (SILVA, 2002).

Os calcários comuns (carbonato de cálcio e magnésio) têm baixa solubilidade e devem ser uniformemente distribuídos em toda a área e incorporados ao solo, para permitir maior contato entre o corretivo e a fonte de acidez, resultando num efeito mais rápido (QUAGGIO, 1986).

Importância especial deve ser dada quando a calagem for superficial, pois o período de máxima reação do calcário nas distintas camadas tende a ser diferente (CAIRES et al., 2000), sendo preciso determinar seu efeito residual. Assim, deve-se pesquisar o tempo de máxima reação do calcário nas camadas subsuperficiais, quando o mesmo não é incorporado, para que recomendações seguras possam ser feitas.

Com a aplicação de calcário em superfície na cultura da soja, Cambri e Alleoni (2002) observaram, aos seis meses após a aplicação, a correção do pH e do Al e os aumentos da CTC e da saturação por bases ocorreram apenas nos primeiros 5 cm do solo. Decorridos dezoito meses da aplicação, a ação do corretivo se estendeu até a profundidade de 10 cm de solo, demonstrando que, com o passar do tempo, o efeito do calcário é observado em profundidade.

Tanto aos seis meses, quanto aos dezoito meses, não foi observado aumento nos teores de Ca e Mg abaixo da camada mais superficial (0-5 cm).

Costa et al. (2002) verificaram que a aplicação superficial de diferentes doses de calcário com diferentes poderes relativos de neutralização total (PRNT) na cultura da soja, resultou numa relativa correção do solo até a profundidade de 10 cm aos treze meses após a aplicação. Na camada de 0-5 cm, houve aumento de pH e dos teores de Ca, Mg e V %, e redução de H+Al, em função do aumento das doses e, não houve resposta da cultura da soja aos diferentes calcários e doses utilizadas.

Segundo Petreire (2001), a aplicação superficial de calcário no solo aumenta a decomposição da matéria orgânica, liberando nitratos e sulfatos, que se ligam ao cálcio e magnésio do calcário e podem descer pelas galerias formadas pela ação de organismos da meso e da macrofauna, além da ação das raízes, até as camadas mais profundas do solo.

Caires et al. (2000) mostraram que a calagem superficial proporcionou aumentos no pH, Ca + Mg trocáveis, saturação por bases e redução nos teores de H+Al, em todas as profundidades estudadas, inclusive nas de 20-40 e 40-60 cm. Verificaram também que o método da elevação da saturação por bases para 65%, em amostra de solo coletada na profundidade de 0-20 cm, apresenta estimativa adequada para a recomendação de calcário na superfície em sistema plantio direto, mas a calagem superficial somente deve ser recomendada pra solo com pH em  $\text{CaCl}_2$  inferior a 5,6 ou saturação por bases inferior a 65% na camada de 0-5 cm.

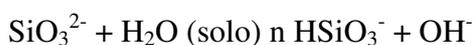
A aplicação superficial de calcário sem incorporação em solos de textura média, em sistema de plantio sob a palha, com utilização de gramíneas de sistema radicular profundo pode adicionar ao solo grandes teores de matéria orgânica e proporcionar cobertura de solo, criando condições para uma possível movimentação do calcário em profundidade. Isso pode ser explicado pelos canalículos deixados após a decomposição das raízes, seja pela própria atividade da macro e microbiota do solo, ativadas pelos teores mais altos de matéria orgânica, proporcionado pela palha da cana colhida mecanicamente (MESSIAS, 2002).

## 2.2 Comportamento de silicatos como corretivo de acidez

No Brasil, o material mais utilizado como corretivo de acidez é o calcário. Todavia, as utilizações de alguns resíduos siderúrgicos para a mesma finalidade têm-se mostrado como alternativa viável para o aproveitamento de parte desses subprodutos, destacando-se as escórias (AMARAL et al., 1994).

Os materiais empregados como corretivo de acidez são basicamente os óxidos, hidróxidos, escórias e carbonatos de Ca e Mg (MALAVOLTA, 1981). O mecanismo de correção da acidez para a escória resulta na formação de ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), que se dissocia menos que os  $\text{H}^+$  adsorvidos ao complexo de troca, e por isso, o pH do solo se eleva.

Alcarde (1992) explica a ação neutralizante do silicato com as seguintes reações:



Esse autor cita ainda que o silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3 = 0,014 \text{ g dm}^{-3}$  e  $\text{CaSiO}_3 = 0,095 \text{ g dm}^{-3}$ ) e que a concentração de Si na solução diminui com a elevação do pH, contudo, a ionização aumenta o fenômeno da adsorção pelas partículas do solo.

A alta concentração de silicatos de Ca e Mg nas escórias sugerem sua utilização como corretivo de acidez do solo e como fonte desses nutrientes às plantas, especialmente para solos arenosos com baixa fertilidade. Assim como no calcário, a reatividade da escória varia segundo a granulometria, dosagem utilizada, tipo de solo e com o tempo de contato da escória com o solo (PIAU, 1991; NOVAIS et al., 1993; AMARAL SOBRINHO et al., 1993; OLIVEIRA et al., 1994).

Pereira (1978) estudou o efeito corretivo de uma escória da Usiminas- MG em comparação com sete calcários de diferentes origens, concluindo não haver diferenças entre os corretivos quanto à correção do pH de amostras de dois Latossolos. Contudo, Veloso et al. (1992), verificando o efeito de diferentes materiais concluíram que o calcário calcinado foi o que provocou o maior aumento de pH, seguido do calcário dolomítico e da escória.

Estudos realizados por Louzada (1987), quando se aplica calcário e escória na mesma granulometria, as escórias são um pouco menos eficientes na elevação do pH do solo, sendo estas pequenas diferenças de eficiência atribuídas ao valor neutralizante mais baixo da escória.

Barnette (1952) estudou o efeito do  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  e escória silicatada, sendo que este último corretivo apresentou um poder de redução da atividade hidrogeniônica do solo igual a do carbonato e do hidróxido, quando usados em doses equivalentes.

Roy (1971) verificaram que a aplicação de escória de siderurgia (20% de  $\text{CaSiO}_3$ ) em solos ácidos do Havaí (EUA), cultivados com cana-de-açúcar, reduziu em até 47% a demanda de fósforo, notadamente em ambientes cauliníticos.

De acordo com Sherman et al. (1964) e Tamini e Matsuyama (1972), a escória silicatada apresenta ação corretiva semelhante a do calcário, porém com uma vantagem adicional, isto é, evitar o perigo do excesso de cal, que pode provocar a indisponibilidade de micronutrientes. Quando se usa escória, tal efeito é reduzido.

Fortes (1993) estudou o comportamento de duas escórias de siderurgia de alto-forno de fabricação de ferro-gusa e calcário, em dois Latossolos Vermelho-Amarelo de diferentes texturas. Apesar da escória ter corrigido a acidez do solo, a reação foi mais lenta que a do calcário, indicando que a aplicação da escória, baseado na determinação do Poder de Neutralização (PN), não foi eficaz. Prado e Fernandes (2000) compararam a escória de siderurgia de alto forno e um calcário calcítico quanto à eficiência da correção da acidez do solo, em condições de vaso.

A reação mais lenta da escória de siderurgia, após sua incorporação ao solo, pode ser influenciada por diversos fatores, tais como, a presença de impurezas como alumínio, que reduzem sua solubilidade (ANDO et al., 1998). Isto pode ser explicado pela constituição química da escória, a qual apresenta parte de compostos de Ca e Mg ligado a aluminossilicatos (CRANE, 1930) ou pela formação de uma película de óxi-hidróxido de Fe e Al em torno das partículas do corretivo em função, provavelmente, da alcalinidade em torno desta partícula no momento da hidrólise (GOMES et al., 1996). Esse fato é mais evidente nos materiais de escória de siderurgia em função da presença de Fe e Al em maior quantidade, quando comparado aos calcários.

Devido à característica química da escória de siderurgia ter reação mais lenta no solo, pode-se inferir que seu uso proporciona vantagens para culturas semi-perenes como a cana-de-açúcar e as perenes, pois seu sistema radicular permanece por um longo tempo explorando praticamente a mesma região do solo. Desse modo, não haveria necessidade de nova incorporação de corretivos no solo (PRADO et al., 2001).

### **2.3 Efeito da palha de cana-de-açúcar sobre os atributos químicos do solo**

Segundo Cintra (1983) para a manutenção de um sistema agrícola estável e produtivo, é necessário que as condições químicas e físicas do solo sejam mantidas num nível adequado para as culturas. Tais objetivos podem ser atendidos pelas coberturas vegetais através da recuperação dos solos degradados e ou manutenção de suas condições originais, criando um ambiente favorável para a atividade biológica.

Para Derpsch et al. (1985), as principais causas da redução da produtividade dos solos são o uso inadequado, as conseqüências diretas da erosão e reduções nos teores de matéria orgânica. Tais problemas podem ser evitados com a manutenção de uma camada de cobertura vegetal sobre o solo suficiente para reduzir as perdas por erosão, protegendo-o contra o impacto das gotas de chuva e arraste superficial.

Conforme Basso (1999) os resíduos das plantas que retornam ao solo são as principais fontes de nutrientes e de energia para os microrganismos e possuem influência sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo.

A taxa de decomposição do resíduo vegetal depende de suas características intrínsecas e de fatores externos. Para Alexander (1977), temperatura, oxigênio, umidade, pH do solo, nutrientes inorgânicos, relação carbono: nitrogênio (C/N) e o teor de lignina são os fatores que afetam o processo de decomposição.

A grande deposição de resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo ocasiona a produção contínua de ácidos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular (ácido cítrico, oxálico, fórmico, acético, málico, succínico, malônico, láctico, aconítico, fumárico entre outros), os quais participam na ciclagem e mobilidade dos elementos químicos inorgânicos do solo. A natureza e concentração desses ácidos determinam a extensão pela qual o processo de ciclagem é afetado (PAVAN, 2001).

O plantio de culturas diretamente sobre resíduos vegetais assegura uma maior uniformidade na germinação das sementes, principalmente leguminosas, visto que a palha acumulada assegura a umidade do solo, mesmo se houver estiagem. Observa-se também uma diminuição na compactação do solo, evita a erosão, economiza tempo e dinheiro com a dispensa do uso de máquinas no preparo da terra e proporciona um aumento de 20 a 30% na retomada de produção da cana-de-açúcar, já que a técnica garante uma maior conservação e uma pronta recuperação do solo (MESSIAS, 2002).

Oliveira (1999), avaliando a decomposição da palhada de cana-de-açúcar, verificou que a liberação de K, Ca e Mg foram de 85, 44 e 39% respectivamente, após um ano do resíduo no campo.

Ribeiro et al. (2002), estudando o comportamento dos atributos químicos de um Argissolo Amarelo, textura arenosa/média sob plantio de cana-de-açúcar sem queima e com queima antes da colheita, verificaram que o teor de bases trocáveis e a CTC do solo decresceram com o aumento da profundidade, sendo maior onde a palha foi mantida sobre a superfície do solo. As maiores diferenças foram observadas nas primeiras profundidades do solo devido ao efeito da palhada que, ao longo do ciclo da cultura vai sendo degradada, liberando gradativamente os nutrientes para a cultura, diminuindo as perdas que podem ocorrer principalmente por lixiviação nestes solos.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local de Condução do Experimento**

O experimento foi instalado e conduzido na casa de vegetação e no Laboratório de Pedologia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

### **3.2 Delineamento experimental e Tratamentos**

O delineamento experimental em cada experimento foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, sendo modos de aplicação (sem corretivo; carbonato de cálcio p.a. e silicato de cálcio p.a.) e duas formas de manejo (com e sem incorporação de), e duas formas de aplicação de restos culturais (com e sem palhada de cana-de-açúcar) com quatro repetições, totalizando 24 parcelas para cada experimento e 96 para os dois experimentos. Cada parcela era composta por uma coluna de PVC.

### **3.3 Substrato**

Para o presente experimento foram utilizados dois solos distintos, Latossolo Vermelho-Amarelo distrofico típico (66% areia; 1,0% de silte; 33% argila) e Neossolo Quartzarênico órtico típico (86% areia; 1,0% silte; 13% argila).

Os solos foram acondicionados em colunas de PVC com diâmetro de 100 cm por 60 cm de altura, onde foi adicionado 3,14 dm<sup>3</sup> de solo. Foi utilizada uma espuma fenólica inerte na parte inferior da coluna para facilitar a drenagem da solução sem perda de solo, e a quantidade de água adicionada em cada coluna de PVC, foi para atender a necessidade da cultura da soja em todo seu ciclo.

### **3.4 Obtenção das amostras de palhada de cana-de-açúcar**

As amostras de palhada de cana-de-açúcar foram obtidas de área de colheita mecânica da usina de Guairá, Guairá-SP. A palhada foi seca em estufa a 65-70°C até peso constante, moídas e passadas em peneira de 2mm. Uma amostra desse material foi destinado a análise química de tecido para a caracterização química da palhada.

### **3.5 Obtenção das amostras de solo em profundidade**

As colunas foram divididas nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 e 50-60. As amostras de solo de cada profundidades foram secas ao ar e peneiradas em tamis de 2mm.

### **3.6 Análise Estatística**

As amostras de solo foram destinadas a análise química para a determinação de pH(CaCl<sub>2</sub>) e Ca, Mg e Al trocáveis, segundo EMBRAPA (1999). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de média (Tukey P<0,05).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema plantio direto para produção de culturas anuais graníferas constitui-se num eficiente sistema de controle da erosão, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas do solo com o aumento da matéria orgânica, bem como as condições químicas do mesmo. É um modelo diferente de condução da cultura, basicamente porque não há revolvimento do solo e a área permanece coberta pelos restos da cultura anterior ou por vegetação cultivada. Entretanto, mesmo nesse sistema, há a necessidade da adição dos insumos, especialmente corretivos de solo, pois os solos cultiváveis no Brasil em sua maioria são ácidos e necessitam de corretivos de acidez. O conceito de plantio direto é visto como um sistema, envolvendo uma combinação específica de práticas culturais como o manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo, manutenção dos resíduos culturais na sua superfície, combinação de espécies com diferentes exigências nutricionais e boa produção de massa verde, movimentando o solo apenas nos sulcos de semeadura.

As características de solo advindas do sistema pelo não revolvimento do mesmo, da decomposição de material vegetal na superfície e do cultivo diversificado de provocam alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo diferentemente daquelas observadas quando se cultiva.

Com o intuito de amenizar o problema da acidez, alguns pesquisadores estudaram o efeito da aplicação de corretivos em superfície no sistema de plantio direto, sem revolvimento, com resultados satisfatórios (SÁ, 1993; SANTOS et al., 1996; SORATTO e CRUSCIOL, 2008a; b; c; d; e).

Oliveira e Pavan (1996) observaram a diminuição de Al trocável e o aumento do pH do solo, até 40 cm de profundidade, 32 meses após a aplicação de calcário na superfície, porém não obtiveram diferenças significativas na produção de soja entre aplicação superficial e incorporada de calcário. Soratto e Crusciol (2008a) obtiveram resposta de pH até a profundidade de 40 cm aos 12 meses e permanecendo até 20 cm c de reação, corroborando com os resultados de Corrêa (2008) na mesma profundidade aos 27 meses de reação.

Caires et al. (1999) observaram aumento nos valores de pH e teores de Ca e Mg até 40 cm de profundidade, 18 meses após a aplicação de corretivos em superfície. Entretanto, há relatos indicando que as alterações nas características do solo, pela aplicação superficial de calcário, se restringem às camadas de 0-5 cm após 36 meses da aplicação (PÖTTKER e BEN, 1998). Já para Caires et al. (1998), as alterações químicas foram verificadas nos 10 cm

superficiais, aos 12 meses após aplicação. Em outro estudo, Caires et al. (2000) obtiveram resultados da calagem superficial apenas aos 12 meses na camada de 0-10 cm, entretanto, observa-se que a máxima reação do solo ocorre entre 28 e 30 meses após aplicação. Na camada de 10-20 cm, o efeito da calagem foi mais lento, ocorrendo após 28 meses.

Santos et al. (1995) verificaram que, após três anos de cultivo, em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, não houve diferença de pH entre a aplicação de calcário superficialmente e incorporado a 0,20 m. Foram encontrados maiores teores de Ca + Mg e menores de Al trocável nas camadas de 0-0,05 m e 0,05-0,10 m no sistema plantio direto em relação ao sistema convencional.

Lima e Crusciol (2001) observaram na implantação do sistema plantio direto, que após cinco meses, a calagem superficial foi eficiente na correção da acidez de superfície e subsuperficial (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), elevando o pH, os teores de Ca e Mg trocáveis e reduzindo a acidez potencial (H+Al).

Portanto, o tempo de reação do calcário aplicado na superfície do solo onde há presença de palhada superficial pode variar em função da dose, características químicas do solo, manejo da adubação e calagem e qualidade do corretivo.

No presente trabalho foi utilizado os resultados de apenas dois tipos de solos, um considerado argiloso (Latosolo Vermelho Amarelo distrófico típico) e outro considerado arenoso (Neossolo Quartzarênico órtico típico), por serem considerados diferentes quanto às características físico-químicas do solo.

Observando os resultados das variáveis analisadas, as quais foram pH(CaCl<sub>2</sub>), Ca, Mg e Al trocáveis, do solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, podemos dizer que houve diferença em relação ao manejo, sendo que na camada de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm de profundidade o carbonato proporcionou maior aumento do quando incorporado em comparação com o silicato de cálcio (Tabela 1).

Tabela 1. Comportamento dos corretivos no solo em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) pH

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	3,88cA	3,97cA	3,93
Silicato	4,63bA	4,52bA	4,57
Carbonato	5,14aA	4,70aB	4,92
<i>Média</i>	4,55	4,39	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	3,87cA	3,87bA	3,87
Silicato	4,19bA	4,08aA	4,13
Carbonato	4,86aA	4,01abB	4,44
<i>Média</i>	4,31	4,39	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	3,90	3,85	3,87a
Silicato	3,90	3,88	3,89a
Carbonato	3,92	3,87	3,90a
<i>Média</i>	3,90a	3,87a	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Não houve diferença estatística, assim a palhada e o manejo não influenciaram no pH do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) pH

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
c/p	4,50aA	4,34aB	4,42
s/p	4,61aA	4,45aB	4,53
<i>Média</i>	4,55	4,39	
	10 a 20 cm profundidade		
c/p	4,27aA	4,01aB	4,14
s/p	4,35aA	3,96aB	4,15
<i>Média</i>	4,31	3,98	
	20 a 30 cm profundidade		
c/p	3,90	3,96	3,88a
s/p	3,91	3,87	3,89a
<i>Média</i>	3,90A	3,87A	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A aplicação de corretivo de solo na palhada, sendo ela incorporada ou em cobertura, também não influenciou no pH do solo (Tabela 3).

Tabela 3. Comportamento dos corretivos em função do palhada (com palha e sem palha para o LVAd) pH

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	3,87bA	3,98cA	3,93
Silicato	4,61aA	4,54bA	4,57
carbonato	4,77aB	5,07aA	4,92
<i>Média</i>	4,42	4,53	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	3,87bA	3,87bA	3,87
Silicato	4,23aA	4,03bB	4,13
carbonato	4,32aB	4,55aA	4,44
<i>Média</i>	4,14	4,15	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	3,82	3,92	3,87a
Silicato	3,88	3,89	3,89a
carbonato	3,92	3,86	3,90a
<i>Média</i>	3,88A	3,89A	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quando se trata de cálcio na solução do solo, sendo este incorporado ou em cobertura, nota-se que este é mais distribuído homogeneamente em profundidade no solo, alcançando maiores profundidades quando o mesmo é incorporado, porém não pode-se dizer o mesmo quando o carbonato de cálcio é aplicado em cobertura (Tabela 4).

Tabela 4. Comportamento dos corretivos em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) Ca

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	3,23	3,17	3,20b
Silicato	5,80	7,18	6,49 <sup>a</sup>
carbonato	5,17	6,49	5,83 <sup>a</sup>
<i>Média</i>	4,74B	5,61A	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	2,98	2,84	2,91b
Silicato	4,14	2,83	3,49ab
carbonato	4,99	2,93	3,96 <sup>a</sup>
<i>Média</i>	4,04A	2,87B	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	2,78	2,90	2,84ab
Silicato	2,75	2,09	2,42b
carbonato	3,38	2,65	3,02 <sup>a</sup>
<i>média</i>	2,97A	2,55B	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Pode-se dizer que não houve diferença estatística, quando comparados os tratamentos com palha e sem palha de cana-de-açúcar, e os manejos utilizados, sendo eles em cobertura ou incorporado (Tabela 5).

Tabela 5. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) Ca

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
c/p	4,56	5,75	5,15 <sup>a</sup>
s/p	4,91	5,48	5,19a
<i>média</i>	4,74B	5,61A	
	a 20 cm profundidade		
c/p	4,18	2,92	3,55a
s/p	3,89	2,81	3,35a
<i>média</i>	4,04A	2,87B	
	20 a 30 cm profundidade		
c/p	2,95	2,41	2,68a
s/p	2,99	2,68	2,84a
<i>média</i>	2,97A	2,55B	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Pode-se dizer que não houve diferença estatística, quando comparados os corretivos utilizados com a cobertura ou não da palhada de cana-de-açúcar (Tabela 6).

Tabela 6. Comportamento dos corretivos em função do palhada (com palha e sem palha para o LVAd) Ca

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	2,81	3,59	3,20b
Silicato	6,64	6,34	6,49a
Carbonato	6,01	5,65	5,83a
<i>média</i>	5,15A	5,19A	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	2,97	2,85	2,91b
Silicato	3,48	3,49	3,49ab
Carbonato	4,20	3,72	3,96a
<i>média</i>	3,55A	3,35A	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	2,88	2,80	2,84ab
Silicato	2,48	2,35	2,42b
Carbonato	2,67	3,36	3,02a
<i>média</i>	2,68A	2,84B	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em relação ao magnésio na solução do solo, pode-se dizer que o mesmo se manteve na primeira camada de 0 a 10 cm, tanto no manejo em cobertura como no manejo incorporado (Tabela 7).

Tabela 7. Comportamento dos corretivos em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) Mg

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
s/corretivo	0,90bA	0,98bA	0,94
Silicato	1,19aA	1,26aA	1,22
carbonato	1,14abA	0,85bB	0,99
média	1,08	1,03	
10 a 20 cm profundidade			
s/corretivo	0,95	0,87	0,91a
Silicato	1,00	0,80	0,90a
carbonato	0,95	0,83	0,90a
média	0,97A	0,83B	
20 a 30 cm profundidade			
s/corretivo	0,82	0,85	0,83a
Silicato	0,80	0,65	0,72a
carbonato	0,79	0,74	0,77a
média	0,80A	0,74A	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observa-se resultados não significativos estatisticamente, quando abordamos os tratamentos que possuem palhada e os que não possuem a palhada de cana-de-açúcar em comparação com os dois tipos de manejo utilizados (Tabela 8).

Tabela 8. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) Mg

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
c/p	1,11aA	1,10aA	1,00
s/p	1,05aA	0,96aA	1,10
média	1,08	1,03	
10 a 20 cm profundidade			
c/p	0,96	0,76	0,86A
s/p	0,9a	0,91	0,95A
média	0,97A	0,83B	
20 a 30 cm profundidade			
c/p	0,78	0,69	0,74a
s/p	0,83	0,80	0,81a
média	0,80A	0,74A	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Nota-se que não houve diferença estatística, sendo assim, os corretivos utilizados em relação a utilização ou não de restos culturais não influenciaram na distribuição do magnésio da solução em profundidade (Tabela 9).

Tabela 9. Comportamento dos corretivos em função do palhada (com palha e sem palha para o LVAd) Mg

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	0,86bA	1,02aA	0,94
Silicato	1,37aA	1,08aB	1,22
Carbonato	1,08bA	0,91aA	0,99
média	1,10	1,00	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	0,87	0,94	0,91a
Silicato	0,90	0,91	0,90a
Carbonato	0,81	1,00	0,90a
média	0,86A	0,95A	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	0,84	0,82	0,83a
Silicato	0,70	0,75	0,72a
Carbonato	0,67	0,86	0,77a
média	0,74A	0,81A	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quanto ao comportamento do corretivo em interação com o manejo, pode-se dizer que os efeitos dos corretivos analisados foram eficientes na diminuição do alumínio trocável na solução do solo. Comparando os manejos, sendo estes incorporados ou em cobertura, pode-se concluir que em cobertura teve maior eficiência na diminuição da taxa de alumínio trocável na camada de 0 a 10 cm, já no manejo incorporado observa-se que a correção se estendeu até a camada de 10 a 20 cm (Tabela 10).

Tabela 10. Comportamento dos corretivos em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) Al

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
s/corretivo	0,65	0,60	0,62a
Silicato	0,25	0,15	0,20b
carbonato	0,17	0,13	0,15b
Média	0,36A	0,29B	
10 a 20 cm profundidade			
s/corretivo	0,62	0,65	0,63a
Silicato	0,34	0,67	0,51b
carbonato	0,21	0,66	0,44b
Média	0,39B	0,66A	
20 a 30 cm profundidade			
s/corretivo	0,64	0,66	0,65b
Silicato	0,73	0,71	0,72a
carbonato	0,50	0,68	0,59b
Média	0,62B	0,68A	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Não houve diferença estatística nas variáveis analisadas nas Tabelas 11 e 12, quando se trata da diminuição da taxa de alumínio trocável na solução do solo e em profundidade.

Tabela 11. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o LVAd) Al

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
c/p	0,39	0,32	0,35a
s/p	0,32	0,26	0,29b
Média	0,36A	0,29B	
10 a 20 cm profundidade			
c/p	0,37	0,70	0,54a
s/p	0,41	0,62	0,51a
Média	0,39B	0,66A	
20 a 30 cm profundidade			
c/p	0,66	0,71	0,69a
s/p	0,58	0,65	0,62b
Média	0,62B	0,68A	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 12. Comportamento dos corretivos em função do palhada (com palha e sem palha para o LVAd) Al

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	0,64	0,60	0,62a
Silicato	0,26	0,14	0,20b
carbonato	0,15	0,14	0,15b
Média	0,35A	0,29B	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	0,63	0,64	0,63a
Silicato	0,49	0,52	0,51b
carbonato	0,49	0,39	0,44b
Média	0,54A	0,51A	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	0,69	0,61	0,65b
Silicato	0,75	0,70	0,72a
carbonato	0,63	0,55	0,59b
Média	0,69A	0,62B	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

No Neossolo Quartzarênico órtico típico observa-se resultados semelhantes aos resultados das variáveis analisadas do Latossolo Vermelho Amarelo, e pode-se dizer que com relação ao comportamento dos corretivos em função do manejo, foram observadas diferenças estatísticas que demonstram que o carbonato de cálcio apresentou melhores resultados quando fala-se em correção do pH, do que o silicato de cálcio, corrigindo o solo até a camada de 10 a 20cm de profundidade. E quando compara-se os manejos, observa-se que o manejo em cobertura teve maiores correções comente na camada de 0 a 10 cm, e o incorporado teve maiores resultados ate a camada de 10 a 20 cm (Tabela 13).

Tabela 13. Comportamento dos corretivos em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) pH.

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	3,66cA	3,55cA	3,60
Silicato	4,61bB	4,95bA	4,78
Carbonato	5,83aA	5,85aA	5,84
<i>Média</i>	0,70	0,78	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	3,64cA	3,63aA	3,63
Silicato	4,09bA	3,77aB	3,93
Carbonato	5,63aA	3,50aB	4,56
<i>Média</i>	4,45	3,63	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	3,43bA	3,89aA	3,41
Silicato	3,49bA	3,51aA	3,50
Carbonato	4,18aA	3,48aB	3,83
<i>Média</i>	3,70	3,46	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Não se observou diferenças estatísticas nos resultados analisados nas Tabelas 14 e 15, portanto as variáveis analisadas nas tabelas não influenciaram no pH do solo.

Tabela 14. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) pH.

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
c/p	4,87aA	4,89aB	4,88
s/p	4,53aA	4,68bA	4,60
<i>Média</i>	4,70	4,78	
	10 a 20 cm profundidade		
c/p	4,58aA	3,54bB	4,06
s/p	4,32bA	3,73aB	4,02
<i>Média</i>	4,45	3,54bB	
	20 a 30 cm profundidade		
c/p	3,91aA	3,49aB	3,70
s/p	3,49bA	3,42aA	3,46
<i>Média</i>	3,70	3,46	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 15. Comportamento dos corretivos em função do palhada (incorporado ou em cobertura para o NQ) pH.

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	3,60Ca	3,61cA	3,60
Silicato	4,66bA	4,90bA	4,78
carbonato	6,37aA	5,31aB	5,84
<i>Média</i>	4,88	4,61	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	3,46cB	3,80bA	3,64
Silicato	4,09bA	3,77bB	3,93
carbonato	4,63aA	4,50aA	4,56
<i>Média</i>	4,06	4,02	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	3,39bA	3,42aA	3,41
Silicato	3,55bA	3,45aA	3,50
carbonato	4,16aA	3,49aB	3,83
<i>Média</i>	3,70	3,46	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quanto ao comportamento dos corretivos em função do manejo, pode-se dizer que o cálcio se manteve mais distribuído no perfil do solo quando se trata do manejo incorporado, porém quando analisa-se o manejo em cobertura, a distribuição é observada somente na camada de 0 a 10 cm (Tabela 16).

Tabela 16. Comportamento dos corretivos em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) Ca.

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	0,83bA	0,86bA	0,84
Silicato	2,78aB	3,71aA	3,25
carbonato	2,91aB	4,54aA	3,73
<i>Média</i>	2,17	3,04	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	0,64cA	0,60aA	0,62
Silicato	2,15bA	0,87aB	1,51
carbonato	2,60aA	0,95aB	1,77
<i>Média</i>	1,79	0,81	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	0,61cA	0,50bA	0,55
Silicato	0,89bA	0,74aA	0,82
carbonato	1,25aA	0,65abB	0,95
<i>média</i>	0,92	0,63	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quando se relaciona o comportamento do cálcio no solo, com os tratamentos que possuem restos culturais ou não e seus manejos, sendo incorporados ou em cobertura, não se observa resultados significativos (Tabela 17).

Tabela 17. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) Ca

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
c/p	2,28aA	2,94aB	2,61
s/p	2,07aA	3,14aA	2,60
<i>média</i>	2,17	3,04	
a 20 cm profundidade			
c/p	2,26aA	0,76aB	1,51
s/p	1,33bA	0,85aB	1,09
<i>média</i>	2,17	3,04	
20 a 30 cm profundidade			
c/p	1,11aA	0,57aB	0,84
s/p	0,73bA	0,69aA	0,71
<i>média</i>	0,92	0,63	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Não houve diferença estatística, na quantidade de cálcio no perfil do solo, quando compara-se os corretivos utilizados, com a cobertura ou não da palhada de cana-de-açúcar (Tabela 18).

Tabela 18. Comportamento dos corretivos em função do palhada (incorporado ou em cobertura para o NQ) Ca.

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
0 a 10 cm profundidade			
s/corretivo	0,82bA	0,87bA	0,84
Silicato	3,15aA	3,35aA	3,73
Carbonato	3,85aA	3,61aB	3,25
<i>média</i>	2,61	2,60	
10 a 20 cm profundidade			
s/corretivo	0,67bA	0,57cA	0,62
Silicato	2,01aA	1,00bB	1,51
Carbonato	1,85aA	1,70aA	1,77
<i>média</i>	1,51	1,09	
20 a 30 cm profundidade			
s/corretivo	0,52cA	0,59aA	0,55
Silicato	0,85bA	0,78aA	0,82
Carbonato	1,15aA	0,75aB	0,95
<i>média</i>	0,84	0,71	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na Tabela 19, observa-se que os elementos analisados na camada de 0 a 10 cm não houve diferença estatística, porém nas demais camadas observa-se que o manejo incorporado teve melhores resultados na distribuição do magnésio no perfil do solo, alcançando as camadas de 20 a 30 cm, já no manejo em cobertura não se observa a mesma distribuição.

Tabela 19. Comportamento dos corretivos em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) Mg.

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
s/corretivo	0,14	0,12	0,13a
Silicato	0,14	0,15	0,15a
carbonato	0,13	0,11	0,12a
média	0,14A	0,13 <sup>a</sup>	
10 a 20 cm profundidade			
s/corretivo	0,06bA	0,05aA	0,06
Silicato	0,10bA	0,04aB	0,07
carbonato	0,09abA	0,05aB	0,07
média	0,09	0,05	
20 a 30 cm profundidade			
s/corretivo	0,07aA	0,03bB	0,05
Silicato	0,05aA	0,03bA	0,04
carbonato	0,06aA	0,06aA	0,06
média	0,06	0,04	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Nas Tabelas 20 e 21, não foram observados resultados significativos quando analisa-se a quantidade de magnésio nas camadas mais profundas do solo.

Tabela 20. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) Mg.

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
c/p	0,17	0,14	0,16a
s/p	0,10	0,12	0,11b
Média	0,14A	0,13A	
10 a 20 cm profundidade			
c/p	0,12aA	0,06aB	0,09
s/p	0,05bA	0,03bA	0,04
Média	0,09	0,05	
20 a 30 cm profundidade			
c/p	0,08aA	0,04aB	0,06
s/p	0,04bA	0,04aA	0,04
Média	0,06	0,04	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 21. Comportamento dos corretivos em função do palhada (incorporado ou em cobertura para o NQ) Mg.

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	0,16	0,09	0,13a
Silicato	0,17	0,13	0,15a
Carbonato	0,14	0,10	0,12a
Média	0,16A	0,11B	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	0,09aA	0,02bB	0,06
Silicato	0,11aA	0,04abB	0,07
Carbonato	0,08aA	0,07aA	0,07
Média	0,09	0,04	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	0,05aA	0,04aA	0,05
Silicato	0,05aA	0,03aB	0,04
Carbonato	0,06aA	0,05aA	0,06
Média	0,06	0,04	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quanto ao comportamento do corretivo em interação com o manejo, pode-se dizer que os efeitos dos corretivos analisados foram eficientes na diminuição do alumínio trocável na solução do solo. Comparando os manejos, sendo estes incorporados ou em cobertura, pode-se concluir que em cobertura, teve maior eficiência na diminuição do alumínio somente na camada de 0 a 10 cm, já no manejo incorporado, a correção se estendeu até a camada de 10 a 20 cm (Tabela 22).

Tabela 22. Comportamento dos corretivos em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) Al

Corretivo	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
	0 a 10 cm profundidade		
s/corretivo	0,61	0,64	0,63a
Silicato	0,18	0,07	0,13b
carbonato	0,10	0,01	0,05c
Média	0,30A	0,24B	
	10 a 20 cm profundidade		
s/corretivo	0,81aA	0,86aA	0,84
Silicato	0,38bB	0,68bA	0,53
carbonato	0,11cB	0,66bA	0,39
Média	0,43	0,74	
	20 a 30 cm profundidade		
s/corretivo	0,81aA	0,82aA	0,82
Silicato	0,70bB	0,77aA	0,74
carbonato	0,46cB	0,77aA	0,61
Média	0,65	0,79	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste

Não houve diferença estatística nas variáveis analisadas nas Tabelas 23 e 24, quando se trata da diminuição da taxa de alumínio trocável no perfil do solo.

Tabela 23. Comportamento da palhada em função do manejo (incorporado ou em cobertura para o NQ) Al

Palhada	Manejo		Média
	Incorporado	Cobertura	
0 a 10 cm profundidade			
c/p	0,27	0,26	0,26a
s/p	0,32	0,22	0,27a
Média	0,30 <sup>a</sup>	0,24B	
10 a 20 cm profundidade			
c/p	0,35bB	0,72aA	0,53
s/p	0,52aB	0,75aA	0,63
Média	0,43	0,74	
20 a 30 cm profundidade			
c/p	0,54bB	0,81aA	0,68
s/p	0,77aA	0,77aA	0,77
Média	0,65	0,79	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 24. Comportamento dos corretivos em função do palhada (com palha e sem palha para o NQ) Al

Corretivo	Palhada		Média
	c/p	s/p	
0 a 10 cm profundidade			
s/corretivo	0,62	0,64	0,631
Silicato	0,15	0,10	0,13b
carbonato	0,03	0,08	0,05c
Média	0,30A	0,24B	
10 a 20 cm profundidade			
s/corretivo	0,81aA	0,86aA	0,84
Silicato	0,41bB	0,65bA	0,53
carbonato	0,37bA	0,40cA	0,39
Média	0,53	0,63	
20 a 30 cm profundidade			
s/corretivo	0,80aA	0,83aA	0,82
Silicato	0,71bA	0,76abA	0,74
carbonato	0,52cB	0,71bA	0,61
Média	0,68	0,77	

Valores seguidos de letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha dentro da mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

## **5 CONCLUSÃO**

Conclui-se que o corretivo carbonato de cálcio colaborou melhor com as variáveis analisadas ( $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ , Ca, Mg e Al trocáveis) do solo, e ofereceu melhores resultados físico-químicos ao solo, nas profundidades de 0 a 10 e de 10 a 20, do que os resultados obtidos pelo corretivo silicato de cálcio, em ambos os solos analisados.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas.** São Paulo: ANDA, 1992. 62 p. (Boletim técnico 6).
- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology.** New York: John Wiley & Sons, 1977, 467 p.
- AMARAL, A.S. DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M.L.; PONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.29, p.1351-1358, 1994.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; DIAS, L.E.; BARROS, N.F. Aplicação de resíduo siderúrgico em um Latossolo: efeitos na correção do solo e na disponibilidade de nutrientes e metais pesados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.299-304, 1993.
- ANDO, J.; OWA, N.; ASANO, M. Studies on structure, solubility and agronomic response of industrial slag. Effects of aluminium on solubility, and agronomic response of slags. **Japanese Journal Soil Science Plant Nutrition**, Tokio, v.59, p.27-32, 1998.
- BARNETTE, R.M. Synthetic calcium silicate as source of agricultural lime: III a comparison of the influence of synthetic calcium silicate with other forms of lime on the soil reaction. **Soil Science**, Baltimore, v.73, p. 75-82, 1952.
- BASSO, C. J. **Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto.** 1999. 56 f. Dissertação (Mestrado em Biodinâmica de solos), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 1999.
- BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; REGO, C.I. Calagem e gessagem em citricultura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, IV. 1996, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 115-129.
- CAIRES, E.F.; CHUERI, W.A; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 27-34, 1998.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 315-27, 1999.
- CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A; FONSECA A.F. Calagem na Superfície em Sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p.161-169, 2000.
- CAMBRI, M.A.; ALLEONI, L.R.F. Calagem superficial e produção de soja sob plantio direto no cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE

PLANTAS, 25. 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.13-14.

CINTRA, F.L.D. Efeito de diferentes coberturas vegetais na alteração de propriedades físicas de solos cultivados com bananeira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO, 1. 1983, Rio de Janeiro. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 16-17.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas de produtividade de grãos**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=> > Acesso em 22 set. 2010.

COSTA, M.A; CORÁ J. E.; FERNADES, C.; MARCELO, A.V. Aplicação superficial de calcário no solo cultivado com soja em sistema de semeadura direta na região de Jaboticabal - SP In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25. 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.9.

CRANE, F.H.A. Comparison of some effects of blast furnace slag and of limestone on acid. **Soil Journal of the America Agronomy Society**, Brasília, DF, v.22, p.968-973, 1930.

DERPSH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.7, p. 761-733, 1985.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: < <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2010/marco/3a-semana/dia-de-campo-apresenta-resultados-de-pesquisa-com-plantio-direto-de-milho> > Acesso em: 12 out. 2010

FORTES, J.L.O. **Eficiência de duas escórias de siderurgia, do estado do Maranhão, na correção da acidez do solo**. 1993. 66 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1993.

GOMES, M.F.A.; SPADOTTO, C. A.; PESSOA, M. C. P. Y. Influência de ferro e alumínio amorfos do solo na reatividade de quatro corretivos de acidez. **Ceres**, Viçosa, v.43, n.248, p.444-453, 1996.

JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; BALARDIN, R.S.; VALE, F.X.R. Ferrugem da soja – epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.13, p.351-395, 2005.

LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C. Fertilidade do solo no sistema de semeadura direta recém implantada em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 2001, Londrina. **Anais...**, Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2001, v.28, p.130.

LOUZADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. 1987. 52 f. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1987.

MALAVOLTA, E. Corretivos cálcicos, magnesianos e cálcio-magnesianos. In: \_\_\_\_\_ (Ed.) **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p.232-245.

MESSIAS, L. Plantio direto de soja sob a palha de cana vem sendo testado com sucesso. **Jornal Cana**. [on line], Disponível em: <  
[http://www.canaweb.com.br/conteudo/noticia.asp?id\\_materia=8257](http://www.canaweb.com.br/conteudo/noticia.asp?id_materia=8257)> . Acesso em 15 set. 2002.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; CASALI, V.W.D.; FABRES, A.S. The influence of the soil phosphate capacity factor on soil and plant phosphorus critical levels of different vegetables. In: FRAGOSO, M.A.C.; BEUSICHEM, M.L.V. (Ed). **Optimization of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1993.p.73-76.

OLIVEIRA, A.C.; HAHNE, H.; BARROS, N.F.; MORAIS, E.J. Uso de escória de alto forno como fonte de nutrientes na adubação florestal. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS FLORESTAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1994. p.77-96.

OLIVEIRA, A.C.; HAHNE, H.; BARROS, N.F.; MORAIS, E.J. Uso de escória de alto forno como fonte de nutrientes na adubação florestal. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS FLORESTAIS E URBANOS EM FLORESTAS. 1994, Botucatu **Resumos...** Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1999, p.77-96.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.38, p. 47-57, 1996.

PAVAN, M.A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**. [on line], Disponível em: <  
[http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont\\_int&id=1005](http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1005) > Acesso em 25 set. 2010

PEREIRA, J.E. **Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno**. 1978. 84 f. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1978.

PETREIRE, C. Alerta sobre o uso de calcário. **Revista Plantio Direto**. [on line], Disponível em: < [http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont\\_int&id=237](http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=237) > Acesso em 25 fev. 2001.

PIAU, W.C. **Viabilidade do uso das escórias como corretivos e fertilizantes**. 1991, 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1991.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.739-744, 2000.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil** – Estudos na cultura da cana-de-açúcar. Funep: Jaboticabal, 2001, 68 p.

QUAGGIO, J.A. Conceitos modernos sobre calagem e adubação para citros no estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v.13, n.2, p.457-488, 1992.

QUAGGIO, J.A. Métodos de aplicação do calcário em culturas anuais e perenes. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, 1986, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.21.

RIBEIRO, G.A.A.; SILVA, L.A.; GUEDES, C.A.B.;LIMA, E. Alterações químicas do solo sob cultivo de cana-de-açúcar sem queima. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.12.

ROY, A.C.; ALI, M. V.; FOX, R. L.; SILVA, J. A.. Influence of calcium silicate on phosphate solubility and availability in Hawaiian Latosols. In: SYMPOSIUM ON SOIL FERTILITY AND EVALUATION, Honolulu, 1971. **Proceedings...** New Delhi: S.n., 1971. p.756-765.

SÁ, J.C.M. **Manejo de fertilidade do solo no plantio direto**. Ponta Grossa: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SANTOS, H.P.; TOMM, G. O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.449-454, 1995.

SANTOS, E.J.S.; XAVIER, F.M.; RHEINHEIMER, D.S. Aplicação de calcário em superfície e incorporado em campo nativo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. **Resumos expandidos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1996 (CD-ROM).

SHERMAN, G.D.; DIAS, I.P.S.; MONTHEITH, N.H. Calcium silicate, a new liming material. **Hawaii Farm Science**, Honolulu, v.13, p.8-9, 1964.

SILVA, M. A. C. **Aplicação superficial de calcário no solo cultivado com laranjeira pêra em produção**. 2002. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2002.

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 de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.675-688, 2008a.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Dolomite and phosphogypsum surface application effects on annual crops nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.100, p.261-270, 2008b.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Métodos de determinação de cálcio e magnésio trocáveis e estimativa do calcário residual em um latossolo submetido à aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.663-673, 2008c.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Nutrição e produtividade de grãos da aveia preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.715-725, 2008d.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.928- 935, 2008e.

TAMINI, Y.N.; MATSUYAMA, D.T. The effect of calcium silicate and calcium carbonate on growth of sorghum. **Agricultura Digital**, Campinas, v.25, p.37-44, 1972.

VELOSO, C.A.C., BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VIEGAS, I. de J.M. Efeitos de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.49, n.1, p.123-128, 1992.