

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

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CORRETIVOS E DA AÇÃO DO GESSO  
ATRAVÉS DE COLUNAS DE LIXIVIAÇÃO EM MATERIAL DE UM  
LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO**

**ROGERIO GAUDARD DE OLIVEIRA**

**GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER**  
(Orientador)

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia,  
da Universidade Federal de Uberlândia,  
para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG  
Março - 2004

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CORRETIVOS DE SOLO ATRAVÉS DE  
COLUNAS DE LIXIVIAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO**

APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA EM

---

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer  
(Orientador)

---

Dr. Antônio Nolla  
(Membro da Banca)

---

Prof. Dr. Gilberto Fernandes Corrêa  
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG  
Março - 2004

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais **Roberto Carlos de Oliveira e Araci Gaudard de Oliveira**, a minha irmã **Aliny Gaudard de Oliveira** e o professor **Gaspar Henrique Korndörfer**.

## AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais Roberto Carlos de Oliveira e Araci Gaudard de Oliveira, a minha irmã Aliny Gaudard Oliveira pelo apoio, amor e compreensão.
- A minha namorada Marina Farcic Mineo por sempre estar ao meu lado, caminhando junto comigo.
- Ao professor Gaspar Henrique Korndörfer pela orientação, não só na parte acadêmica.
- Ao professor Gilberto Fernandes Corrêa e ao Dr. Antônio Nolla pela aceitação, dedicação e conselhos.
- A todos os meus amigos que me ajudaram na condução deste trabalho, em especial ao meu amigo William Faleiros de Moura pela confiança, dedicação e companheirismo.

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	04
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	07
<b>2.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	09
2.1.Silicatos, calcário e gesso.....	09
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
3.1 Local de instalação e condução.....	16
3.2 Avaliações.....	18
3.2.1. Análise de silício extraível no solo – Ácido Acético 0,5M.....	18
3.2.2. Análise de pH em Cloreto de Cálcio – 0,01M.....	20
3.2.3. Análise de Cálcio e de Magnésio.....	20
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
4.1. pH do solo.....	21
4.2. Teor de Ca no solo.....	24
4.3. Teor de Mg no solo.....	27
4.4. Teor de Si no solo.....	29
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	32
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33
<b>7. APÊNDICE</b> .....	36

## RESUMO

O Cerrado é considerado uma das alternativas utilizadas para a expansão da área produtiva. Como em todo o cultivo do solo, uma das principais limitações é a acidez do solo. Para amenizar tal problema, o corretivo de solo mais utilizado para correção da acidez do solo, fornecimento de cálcio e magnésio é o calcário, porém sua maior dificuldade é a correção da acidez em camadas mais profundas que 20 cm até onde ele é incorporado. Em busca de novas alternativas para este problema de acidez e deficiência nutricional, que se vem estudando formas de correção da acidez, e disponibilidade de cálcio e magnésio de forma mais equilibrada (disponível) para a planta como é o caso dos silicatos de Ca e Mg.

O objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade do carbonato de cálcio, gesso, termofosfato e de silicatos em fornecer cálcio, magnésio e em corrigir o pH do solo em profundidade. Para tal, foi instalado um experimento em casa-de-vegetação, na Universidade Federal de Uberlândia. Utilizou-se de um Latossolo Vermelho distroférico em função do seu baixo teor de Si disponível e seu alto teor de argila (muito argiloso). Foram utilizadas as seguintes fontes: carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$  – puro); termofosfato; gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) e 2 fontes de Si, Recmix (silicato de cálcio e magnésio) e Wollastonita ( $\text{CaSiO}_3$ ), todos aplicados na dose de 500 e 1000  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Ca, na testemunha não foi aplicado nenhuma dose de Ca. Todos os tratamentos incluindo a testemunha tinham 4 repetições. Foram utilizados 44 lisímetros de 60 cm de altura por 10 cm de diâmetro (volume do lisímetro = 0,0047  $\text{m}^3$ ), divididos em 12 anéis de 5 cm cada, que foram preenchidos com o solo adicionando-se, posteriormente, o equivalente a 2000 mm de precipitação pluviométrica distribuídos durante 40 dias. Após este período foram feitas

análises de pH, Ca, Mg e Si nas diferentes profundidades do solo (anéis). Para avaliação dos dados, foram desconsiderados o primeiro e o último anel de cada coluna. Concluiu-se que a fonte que melhor corrigiu o pH até a profundidade de 25 cm foi carbonato de cálcio, seguida das fontes de Si. A partir de 25 cm de profundidade não apresentam diferença. Dentre as fontes de silício avaliadas, não houve diferença quanto ao fornecimento de silício em profundidade. O gesso consegue disponibilizar Ca até a última profundidade, concordando com o já conhecido efeito de condicionador de solo.

## 1. INTRODUÇÃO

A maioria dos solos do cerrado tem sido intensamente utilizados com o avanço da atividade agropecuária. Apesar de apresentarem elevado potencial de utilização para a agricultura de modo geral, apresentam problemas tais como elevada acidez, altos teores de Al trocável e deficiência de nutrientes, especialmente de Ca, Mg e P.

A utilização de corretivos de acidez do solo objetiva a neutralização (diminuir ou eliminar) da acidez e a aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente cálcio e magnésio. O material mais utilizado tem sido o calcário. O gesso, por sua vez, não é um corretivo de acidez e sim um condicionador, que tem alta mobilidade no perfil do solo, disponibilizando os íons  $\text{Ca}^{+2}$  e o  $\text{SO}_4^{-2}$  em profundidade, alterando a espécie iônica do  $\text{Al}^{+3}$ , reduzindo sua toxidez. Estes dois produtos são os mais utilizados, porém os silicatos e agregados siderúrgicos (escórias), atualmente utilizados, porque além de corrigir a acidez do solo, são fornecedores de Si, um elemento químico merecedor de destaque por causar benefícios às plantas.

Considerando que nos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto, muito utilizados atualmente, um dos maiores problemas é a incorporação de corretivos ou condicionadores



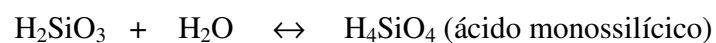
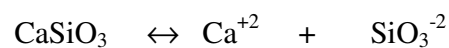
de solo. A utilização de novos produtos que substituam, principalmente o calcário, com desempenho igual ou superior e que seja mais eficiente na correção do solo em profundidade é muito interessante. O silicato tem sido uma opção que se destaca por sua solubilidade, que é aproximadamente 6 vezes maior que a do calcário, além da maior capacidade que este tem de deslocar no perfil do solo em profundidade. Assim o objetivo desse trabalho foi comparar o efeito do carbonato de cálcio, gesso, termofosfato e de silicatos quanto à capacidade de fornecer cálcio, e na correção da acidez do solo sub-superficial.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Silicatos, calcário e gesso

Os silicatos são corretivos de acidez, fornecedores de Ca e Mg, assim como o calcário.

Segundo Alcarde (1992) as reações de materiais silicatados que ocorrem no solo são:

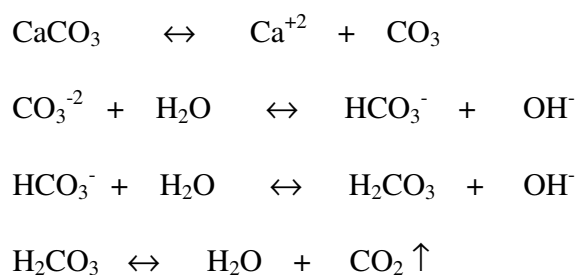


Os silicatos devem ser comercializados na forma de pó e quanto mais finamente moídos, maior sua reatividade e eficiência agrônômica. Os efeitos benéficos da aplicação de silicatos de Ca e Mg normalmente estão associados ao aumento na disponibilidade de Si, à elevação do pH e ao aumento de Ca e Mg trocável do solo. Os silicatos podem também, atuar na redução da toxicidade de Fe, Mn e Al, para as plantas (Korndörfer, 2002).

A espécie iônica predominante de sílica em solução, abaixo do pH 8 é  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  (Elgawhary ; Lindsay, 1972). Tal espécie, presente em solução, está em equilíbrio com a sílica adsorvida na fase sólida. A adição de compostos silicatados solúveis não eleva a concentração de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  em solução, já que este passa rapidamente para a fase líquida (ácido monossilícico). Ao contrário, a adição de formas sólidas parcialmente solúveis promoverá algum incremento de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  em solução.

Os minerais silicatados estão em equilíbrio com o  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  em solução, e só solubilizarão quando a concentração em solução se reduzir. No entanto, estando na forma molecular ou aniônica ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), a sílica apresenta tendências de lixiviação (Baker ; Scrivner, 1985).

Levando em consideração que o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), obtido pela moagem da rocha calcária, é um corretivo de acidez e fornecedor de Ca (Alcarde, 1992), como pode ser verificado abaixo:



Por ser um produto pouco móvel no solo, e devido às dificuldades de incorporação do carbonato de cálcio no solo, principalmente em função da adoção do sistema plantio direto, não se consegue, em curto prazo, corrigir eficientemente a acidez do solo em profundidade (subsuperfície). Neste caso, o sistema radicular das plantas fica limitado às zonas corrigidas pelo carbonato de cálcio, não se aprofundando no perfil, diminuindo a

capacidade de resistência destas plantas na época de estiagens prolongadas (Ferreira et al., 1987).

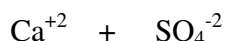
Como condicionador de solo o gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que não é considerado um corretivo de acidez, porque embora o  $\text{SO}_4^{-2}$  seja uma base química, sua força iônica de adsorção é extremamente pequena devido ao diminuto valor de sua constante ( $K_b = 8,3 \times 10^{-13}$ ), sendo uma força quase nula, de nenhuma efetividade prática (Alcarde, 1992).

Reações simplificadas do gesso no solo:

Superfície



Descida / deslocamento



Reações em profundidade / subsuperfície



De acordo com a reação (I), o Al na forma trivalente (tóxico) reage com o  $\text{SO}_4^{-2}$ , neutralizando parte do alumínio em solução. O gesso não corrige a acidez e nem tampouco diminui o  $\text{Al}^{+3}$  trocável do solo. A função do gesso é alterar a forma iônica do Al (trivalente e mais tóxica) para uma forma menos tóxica (Korndörfer, 2003).

Assim, o  $\text{SO}_4^{-2}$  permanece na solução do solo, e sendo um ânion, pode ser lixiviado, carregando consigo cargas positivas para manter a eletroneutralidade do meio. Com isso, a

lixiviação de  $\text{SO}_4^{-2}$  enriquece de nutrientes as camadas subsuperficiais, além de diminuir a toxicidade do Al presente em subsuperfície, minimizando a toxidez sobre o desenvolvimento das raízes. Por outro lado, a concentração de  $\text{SO}_4^{-2}$  pode intensificar o carregamento de cátions, inclusive para as camadas mais profundas do solo (Alcarde, 1992).

O excesso de  $\text{Al}^{+3}$  em solução limita o desenvolvimento radicular, interferindo na absorção de água e nutrientes pelas plantas. Ritchey e Silva (1981) mostraram que a saturação por  $\text{Al}^{+3}$  acima de 30% reduziu o crescimento de raízes, segundo Souza e colaboradores (1996), considerando o valor de saturação por alumínio acima de 10% como prejudicial para o crescimento radicular das plantas, perenes e anuais, verifica-se que na subsuperfície do solo (camada abaixo de 20 cm), 70% da área agricultável dos Cerrados apresentam índices superiores a este valor (Tabela 01), constituindo-se, portanto, em problema potencial para a agricultura na região. Além do problema do alumínio, 86% da área agricultável dos Cerrados apresentam em subsuperfície um teor de cálcio inferior a  $0,4 \text{ Cmol}_c\text{dm}^3$ . Nestas condições, o sistema radicular das culturas não se desenvolvendo adequadamente, absorvendo menores quantidades de água e nutrientes nele contidos.

**TABELA 1:** Distribuição percentual de classes de saturação de alumínio e teor de cálcio na subsuperfície do solo (20 – 50 cm) da área agricultável da região dos Cerrados.

ALUMÍNIO		CÁLCIO	
SATURAÇÃO	DISTRIBUIÇÃO	TEOR	DISTRIBUIÇÃO
-----%-----		$\text{Cmol}_c\text{dm}^3$	%
>40	42	<0,4	86
40-10	28	0,4 - 4,0	13
<10	30	>4,0	1

Fonte: Souza et.al., 1996.

Os critérios de recomendação de calagem são variáveis segundo os objetivos e princípios analíticos envolvidos, e o próprio conceito de necessidade de calagem (NC) irá depender do objetivo dela. Assim, Raij (1981) diz que a necessidade de calagem é a quantidade de corretivo de acidez necessária para neutralizar a acidez do solo, de uma condição inicial até um nível desejado.

A capacidade do gesso de modificar favoravelmente os teores de cálcio e magnésio em profundidade e conseqüentemente a saturação por alumínio, é bastante evidente devido sua capacidade de translocação até as camadas subsuperficiais. A aplicação do equivalente a  $2.60 \text{ kg. ha}^{-1}$  de  $\text{SO}_4^{-2}$  (na forma de superfosfato simples), num Latossolo Vermelho escuro (LE) com alta saturação por Al no perfil, promoveu após 4 anos um acentuado aumento no teor de bases e uma significativa redução na saturação por Al até a profundidade de 75 cm (EMBRAPA, 1981).

A solubilidade em água deve ser abordada como um fator comparativo entre o carbonato de cálcio, o silicato e o gesso:  $\text{CaCO}_3$ :  $0,014 \text{ g.L}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ ; gesso:  $2,5 \text{ g.L}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ ;  $\text{Ca(OH)}_2$ :  $1,85 \text{ g.L}^{-1}$  a  $0^\circ\text{C}$ ;  $\text{CaSiO}_3$ :  $0,095 \text{ g.L}^{-1}$  a  $17^\circ\text{C}$  (Alcarde, 1992). Essa solubilidade, associada a granulometria, dará ao corretivo a capacidade de reagir com maior ou menor intensidade no solo e, assim, percolar com maior ou menor facilidade pelo perfil do solo. É de se supor que, entre dois materiais com a mesma granulométrica, o de maior solubilidade deve reagir com maior velocidade no solo e também descer no perfil com maior velocidade.

Abaixo está relacionado o poder de neutralização (PN), ou seja, a capacidade potencial teórica do corretivo em neutralizar a acidez dos solos. As capacidades estão expressas em relação à capacidade do  $\text{CaCO}_3$ , tomada como padrão (Alcarde, 1992).

**TABELA 2.** Capacidade de neutralização das diferentes espécies neutralizantes em relação ao  $\text{CaCO}_3$ .

<b>Espécie neutralizantes</b>	<b>Capacidade de neutralização relativa ao <math>\text{CaCO}_3</math></b>
<b><math>\text{CaCO}_3</math></b>	1,00
<b><math>\text{MgO}</math></b>	2,48
<b><math>\text{CaO}</math></b>	1,79
<b><math>\text{Ca(OH)}_2</math></b>	1,35
<b><math>\text{Mg(OH)}_2</math></b>	1,72
<b><math>\text{CaSiO}_3</math></b>	0,86
<b><math>\text{MgSiO}_3</math></b>	1,00

Quanto à quantidade de silicatos a ser aplicado ao solo, essa deve ser baseada em qualquer um dos métodos de recomendação de calagem, isso porque os silicatos de Ca e Mg apresentam comportamento e composição semelhantes à dos carbonatos, podendo substituir os calcários com vantagens, devido a correção da acidez do solo e fornecimento

de silício disponível para planta, além de proporções adequadas (3:1) de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Em solos com pH e ou saturação por bases em níveis desejáveis de acordo com a cultura implantada , ou que será implantada, visando exclusivamente, o fornecimento de Si, de modo geral, não tem sido recomendado a aplicação de doses superiores a 800 kg.ha<sup>-1</sup> de silicato (Korndörfer, 2002).

Os agregados siderúrgicos (escórias) são as fontes mais abundantes e baratas de silicatos. As altas concentrações de silicatos de Ca e Mg nas escórias sugerem sua utilização como corretivos de acidez do solo e como fonte de Ca e Mg para as plantas, especialmente para solos argilosos com baixíssima fertilidade. Assim como no calcário, a reatividade da escória varia conforme sua granulométrica, 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).

O efeito do Si em situações de estresses climático, hídrico e nutricional tem sido comprovado (Datnoff et al.,2001). A dinâmica deste elemento no solo é de fundamental importância para as plantas, principalmente as acumuladoras. Este elemento químico está envolvido em funções físicas de regulação da evapo-transpiração, sendo capaz de formar uma barreira de resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias no interior da planta, dificultando também o ataque de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1999). Este efeito da proteção mecânica do Si nas plantas é atribuído, principalmente, ao seu depósito na forma de sílica amorfa (SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O), na parede celular. A acumulação de sílica nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma camada dupla de sílica cuticular, a qual, pela redução da transpiração, faz com que a perda de água pelas plantas seja menor (Korndörfer, 2002).



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de instalação e condução**

Foi desenvolvido um estudo em casa-de-vegetação na Universidade Federal de Uberlândia, utilizando-se 44 lisímetros (tubos PVC) de 60 cm de altura por 10cm de diâmetro (volume do lisímetro = 0,0047 m<sup>3</sup>), divididos em 12 anéis de 5cm cada e acoplados com fita isolante para que, posteriormente, fossem separados com instrumento cortante (faca ou estilete), evitando que o solo de um anel se misture com outro, durante o processo de amostragem. Os mesmos foram revestidos internamente por saco plástico para evitar a perda de água e, externamente, na parte inferior, por uma tela a fim de evitar a perda de solo através do processo de drenagem da água. Os lisímetros foram preenchidos com Latossolo Vermelho distroférico (caracterização na Tabela 3), sendo que nos 5 cm superiores (primeiro anel) incorporaram – se às fontes de cálcio, magnésio e silicato, homogenizando – as a seguir. Cada um desses tubos recebeu o equivalente a 2.000 mm de água destilada distribuídos durante 40 dias, durante cinco vezes por semana.

O Latossolo Vermelho distroférico desenvolvido de rochas máficas (basalto, diabásio, gabro, tufito ou rochas afins). Tem > 18% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e são fortemente atraídos pelo magnéto (ímã). Predomina nas proporções originadas de material basáltico da Bacia do Rio Panafba,

ao sul e sudeste do Estado de Goiás e Triângulo Mineiro, bem como no sul do Mato Grosso do Sul e, em menor percentual no extremo norte do Tocantins. Suas características principais são: cor (úmida) vermelha escura a arroxeada, sua textura varia entre argilosa e muito argilosa e sua drenagem é bem acentuada. Dentro das principais classes de solo da Região do Cerrado, sua ocorrência é estimada em 3,5% (Resende, et.al., 1999).

**TABELA 3.** Características do solo usado no experimento.  
Análise química do solo (horizonte B de 20 a 40 cm):

Solo	pH	P*	Si	Al	Ca	Mg	SB	t	CTA	V	m	M.O.
			-----mgdm <sup>-3</sup> -----	-----cmolc.dm <sup>-3</sup> -----						----- % -----		g.kg <sup>-1</sup>
LRd	5.4	0.7	50.5	0.0	0.2	0.1	0.3	0.31	0.5	19	0	1.1

\* Fósforo extraído por H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.025N + HCL 0.05N

Análise textural do solo:

Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
	----- g.kg <sup>-1</sup> -----			
LRd	141	142	560	661

Aplicou-se nos lisímetros as seguintes fontes (descrição na Tabela 4 e 5): Gesso (CaSO<sub>4</sub>) – doses (500 e 1.000 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca); carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub> – puro) – doses (500 e 1.000kg.ha<sup>-1</sup> de Ca); termofosfato yorin – doses (500 e 1.000kg.ha<sup>-1</sup> de Ca); 2 fontes de Si: recmix e wollastonita (CaSiO<sub>3</sub>) – doses (500 e 1.000kg.ha<sup>-1</sup> de Ca) e a testemunha sem Ca, com 4 repetições.

**TABELA 4.** Caracterização dos produtos.

<b>Material</b>	<b>SiO<sub>2</sub> Total (%)</b>	<b>CaO (%)</b>	<b>MgO (%)</b>
<b>Carbonato de Cálcio</b>	-----	56.0	-----
<b>Gesso</b>	-----	26.0	-----
<b>Wollastonita</b>	51.9	42.9	0.2
<b>Recmix</b>	23.2	41.0	11.0
<b>Termofosfato</b>	40.3	30.0	18.0

**TABELA 5:** Doses de cada produto por hectare e doses a serem aplicadas em cada lisímetro.

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>DOSE DE Ca (Kg. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>DOSE DO PRODUTO (Kg. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>DOSE DO PRODUTO g /lisímetro</b>
<b>Testemunha</b>	0	0	0
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	500	2500	3,98
	1000	5000	7,96
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	500	1250	2,00
	1000	2500	3,99
<b>Wollastonita</b>	500	1165	2,65
	1000	3330	5,30
<b>Recmix</b>	500	1915	3,05
	1000	3830	6,10
<b>Termofosfato</b>	500	2500	3,98
	1000	5000	7,96

Após o término do experimento, os lisímetros foram desmontados e as amostras de solo dos anéis foram secas ao ar. Posteriormente, foram feitas as análises de pH, Ca, Mg e Si no solo. Para avaliação dos dados, foi desprezado o primeiro anel onde foram incorporados o corretivo, as fontes de silício e o condicionador de solo. O último anel também foi desprezado devido ao acúmulo de água no mesmo por um período de tempo

maior em relação aos outros anéis do lisímetro. Os gráficos foram obtidos a partir dos valores médios das 4 (quatro) repetições de cada tratamento.

### 3.2 Avaliações

#### 3.2.1. Análise de silício extraível do solo – Ácido Acético 0,5M

**Extração:** Foram pesadas 10g de cada amostra de solo em copos plásticos (100ml). Adicionou-se 100ml de solução de ácido acético 0,5 M (solução extratora), agitando-se, posteriormente, por uma hora (rotação de 50). Após, esperou-se decantar por 15 minutos e filtrou-se a suspensão, aplicando 2 gotas de  $\text{CaCl}_2$ -2M para otimizar o processo de decantação, deixando em repouso por 24 horas.

**Determinação:** Tomou-se uma alíquota de 1ml do extrato (filtrado e decantado) no primeiro anel de cada tratamento. Do segundo anel até o último anel, foram retiradas alíquotas de 5ml de extrato (filtrado e decantado). Procedeu-se, dessa forma, em função das altas concentrações das fontes nos primeiros anéis. Todos foram colocados em copos plásticos, e diluindo-os em água destilada até completarem o volume de 20ml de extrato diluído. O método mais empregado para a determinação do Si baseia-se na determinação colorimétrica que envolve a reação do ácido silícico com o ácido molíbdico  $[\text{H}_4(\text{SiMo}_{12}\text{O}_{40})]$ , que se apresenta na forma de um complexo amarelo. A formação do complexo ácido sílico-molíbdico é máxima entre pH 1,0 e 2,0. Duas formas desse ácido existem,  $\alpha$ -sílico-molíbdico (pH mais baixo) e  $\beta$ -sílico-molíbdico (pH mais alto). A redução da absorvância em função do tempo, em parte se deve à transformação do  $\alpha$  em  $\beta$ . A adição de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à solução tem a função de estabilizar a forma  $\beta$  do ácido sílico-molíbdico. Tanto o complexo sílico-molíbdico amarelo como o azul pode ser utilizado

para a determinação do Si. A maioria dos métodos citada na literatura prefere o complexo azul, em razão da sua maior sensibilidade, porém, se a sensibilidade não for um fator crítico, uma das etapas do procedimento de análise pode ser eliminada ao se usar o método amarelo. A principal fonte de interferência na determinação do Si pelo método colorimétrico é o Fe e o P contido nas amostras de solos e plantas. Tanto o P como o Fe reagem com as formas de molibdênio formando complexos de fósforo-molibdato os quais são absorvidos no colorímetro no mesmo comprimento de onda em que é feita a leitura do complexo sílico-molíbídico. O ácido tartárico, citrato de sódio e ácido oxálico são utilizados para eliminar a interferência do P. A adição do ácido tartárico é a mais comumente empregada. O ácido tartárico e o ácido oxálico também são empregados para eliminar a interferência do Fe. O Fe pode interferir na formação do complexo amarelo sílico-molíbídico através da precipitação do molibdato, mas seu efeito é ainda maior no caso do complexo azul, onde o  $\text{Fe}^{+3}$  consome o agente redutor ( $\text{Fe}^{+2}$ ) causando uma diminuição prematura do complexo sílico-molíbídico na solução. A interferência do Fe pode ser eliminada, no caso do método azul, usando-se um comprimento de onda de 650 nm ao invés do comprimento de onda máximo de absorção que é de 810 a 820 nm (Barbosa Filho, et.al., 1998).

### 3.2.2. Análise de pH em Cloreto de Cálcio – 0,01M

**Extração:** Em copo plástico foram colocados 10 cm<sup>3</sup> da amostra do solo e 25 ml de solução de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) 0,01M, procedendo-se a uma agitação por 15 minutos a 220 rpm. Posteriormente, a suspensão repousou por 45 minutos, procedendo-se finalmente à leitura em pH metro calibrado com as soluções padrão pH = 7 e pH = 4.

**Determinação:** Procedeu-se à leitura mergulhando o eletrodo combinado na suspensão de solo, de forma que sua ponta não tocasse a camada sedimentada. Foi tomado o cuidado de lavar com água destilada e enxugar com papel higiênico o eletrodo entre uma amostra e outra, diminuindo o risco de contaminação e mantendo a higiene entre as amostras.

### 3.2.3. Análise de Cálcio e de Magnésio

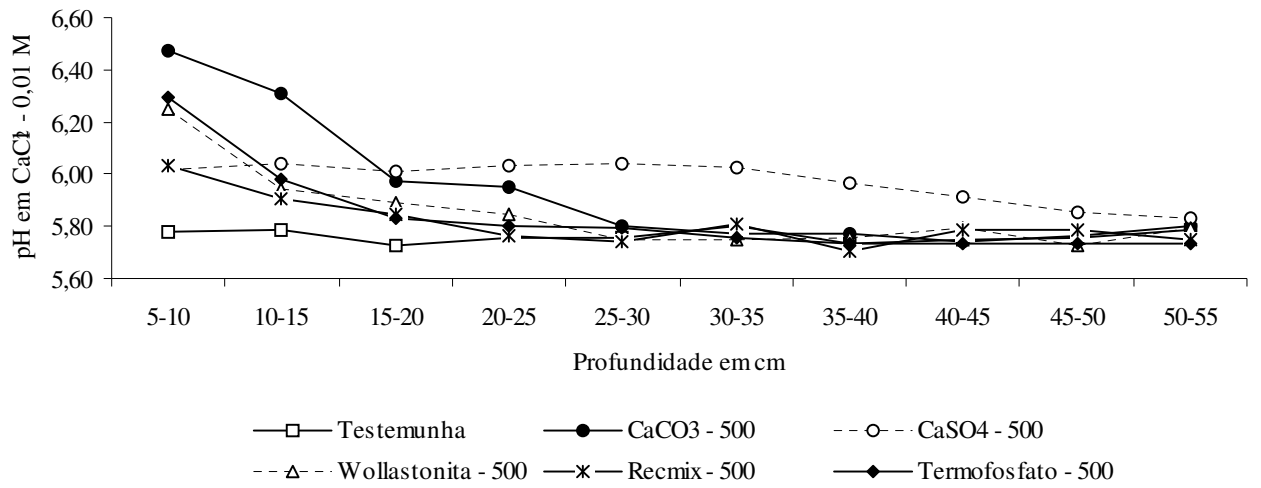
**Extração:** Foram utilizados 10cm<sup>3</sup> da amostra de solo (TFSA) e adicionou-se 100ml da solução de KCl 1N, seguindo-se uma agitação por 15 minutos a 220rpm, com um posterior repouso por 16 horas.

**Determinação:** Foram pipetado 1 ml do extrato, e adicionados 9 ml de óxido de lantânio 0,5N. Essa leitura foi feita em absorção atômica.

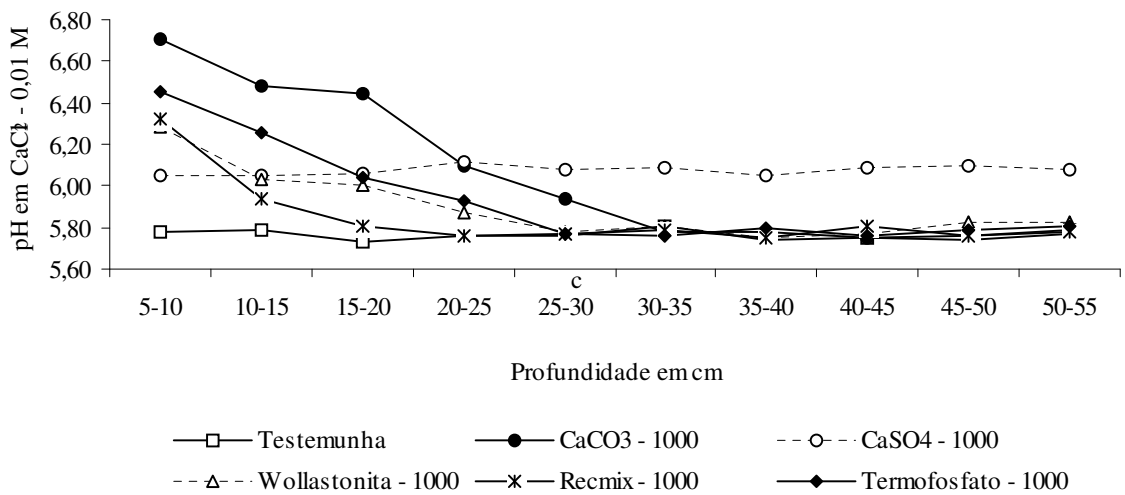
## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. pH do solo**

Com relação a dinâmica do pH em  $\text{CaCl}_2$  em função da aplicação de  $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de Ca dos diferentes tratamentos, o que expressou melhor resultado até a profundidade de 15 cm foi o carbonato de cálcio. Isto ocorreu devido a esta fonte ser pura e possuir uma granulométrica muito fina, podendo estar deslocando no perfil do solo em suspensão, promovendo a maior correção das camadas subsuperficiais demonstrando sua maior reatividade em relação às outras fontes utilizadas (Figura 1). Ramos (2003) também constatou que o carbonato de cálcio se mantém melhor até 40 cm, o solo utilizado pelo autor foi um Neossolo Quartzarênico.



**FIGURA 1.** Dinâmica do pH em CaCl<sub>2</sub> em função da aplicação de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca dos diferentes tratamentos.



**FIGURA 2.** Dinâmica do pH em CaCl<sub>2</sub> em função da aplicação de 1000 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca dos diferentes tratamentos.



Com relação a dinâmica do pH em  $\text{CaCl}_2$  em função da aplicação de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca dos diferentes tratamentos, o carbonato de cálcio apresentou o melhor resultado até a profundidade de 20 cm (Figura 2). Ramos (2003) também constatou que o carbonato de cálcio se mantém melhor que as fontes de Si até 45 cm.

Nos tratamentos com sulfato de cálcio (gesso), foi possível observar (Figuras 1 e 2) que ocorreu uma alteração nos valores do pH em profundidade nas duas doses utilizadas no experimento. Na aplicação de  $500 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca, profundidades de 20 até 45cm, e na aplicação de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca, de 25 até 55 cm, que se verifica as faixas de alteração nos valores do pH quando comparados com os outros tratamentos. Isto ocorreu devido ao solo ser eletropositivo (pH em KCl = 6,0 e pH em  $\text{H}_2\text{O}$  = 5,5), de baixo poder tampão devido a presença da argila oxídica e sua capacidade troca aniônica ser muito próxima do seu ponto de carga zero.

As fontes de silício não apresentaram diferença ao longo de todas as profundidades (Figuras 1 e 2). Na dose de  $500 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca o carbonato de cálcio e as fontes de silício a partir da profundidade de 25 cm até 55 cm, não apresentam diferença entre os valores obtidos (Figura 1). Na dose de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca o carbonato de cálcio e as fontes de silício a partir da profundidade de 35 cm até 55 cm não apresentam diferença entre os valores obtidos (Figura 2).

Cardoso (2003) também constatou que nas profundidades de 20 – 40 cm dos 13 e 17 meses da instalação do experimento não apresentavam diferenças, mas houve acréscimo do

pH até a dose de  $2000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de silicato de cálcio passando de 4,4 para 4,6 e de 5,3 para 5,5 na segunda e terceira coletas, respectivamente. O solo utilizado pelo autor é um Neossolo Quartzarênico.

Faria (2000) também constatou aumento linear nos valores de pH em decorrência das doses crescentes de Si utilizadas, o autor observou que no Latossolo Vermelho – Amarelo, o pH do solo aumentou de 4,6 para 5,1, enquanto que na Areia Quartzosa, o aumento foi de 4,2 para 4,8, com aplicação de  $600 \text{ kg.ha}^{-1}$

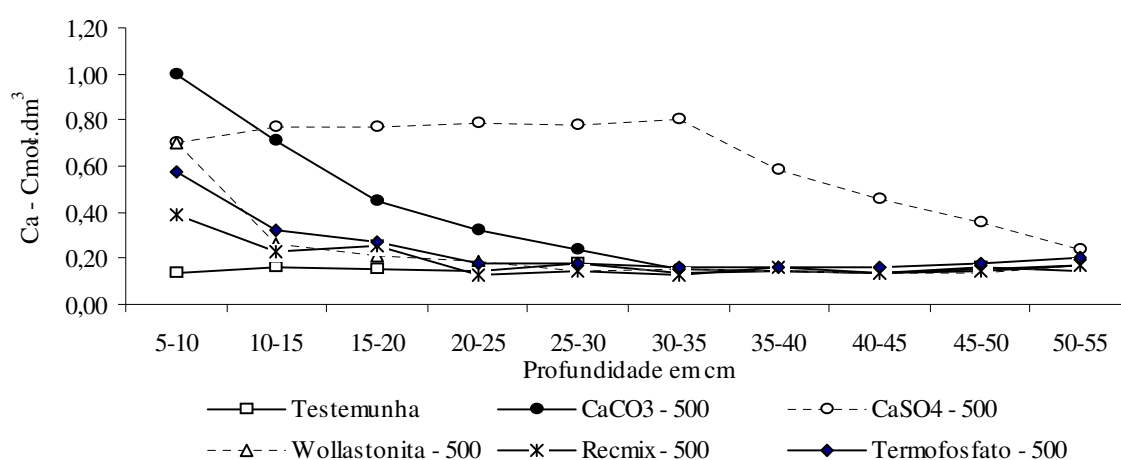
#### 4.2. Teor de Ca no solo

Com relação a dinâmica do Ca em função da aplicação de  $500 \text{ kg.ha}^{-1}$  dos diferentes tratamentos, o que expressou os melhor resultado até a profundidade de 10 cm foi o carbonato de cálcio (Figura 3). Isto ocorreu devido a ser uma fonte pura e possuir 56 % de CaO em sua composição. Ramos (2003) também constatou que o carbonato de cálcio se mantém melhor até 30 cm.

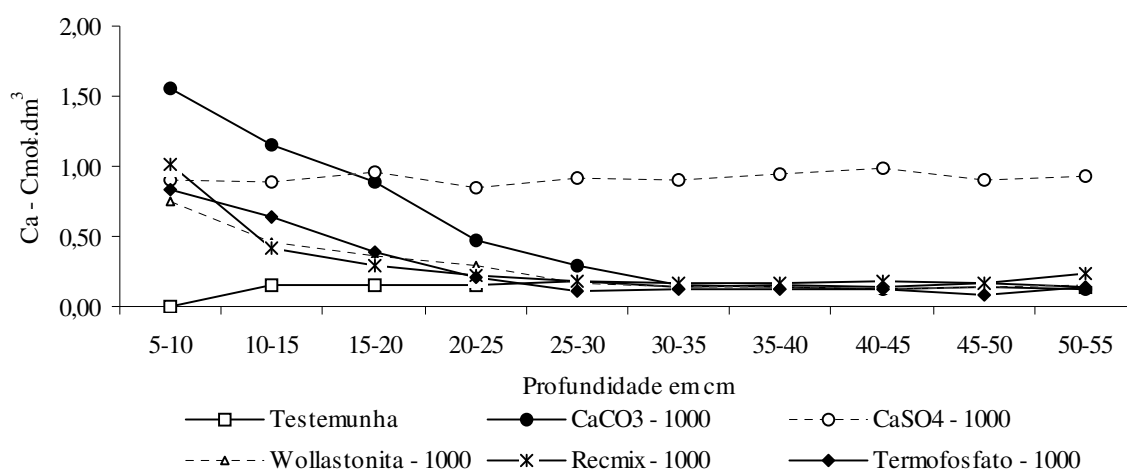
Com relação a dinâmica do Ca em função da aplicação de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$  dos diferentes tratamentos, o que expressou os melhores resultados até a profundidade de 15 cm foi o carbonato de cálcio (Figura 4). Ramos (2003) também constatou que o carbonato de cálcio se mantém melhor até 35 cm.

Nos tratamentos com sulfato de cálcio (gesso), foi possível observar (Figuras 3 e 4) que ocorreu um acréscimo nos valores quanto ao fornecimento de Ca em profundidade nas duas doses utilizadas no experimento. Na aplicação de  $500 \text{ kg.ha}^{-1}$ , profundidades de 10 até 45cm, e na aplicação de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$ , de 15 até 55 cm, que se verifica as faixas de alteração nos valores de Ca quando comparados com os outros tratamentos. Mesmo

possuindo a menor concentração de Ca (Tabela 5) em sua composição, seu fornecimento em profundidade permaneceu praticamente constante e superior às outras fontes, a solubilidade deve ser abordada como um fator comparativo entre o carbonato de cálcio, o silicato e o gesso, segundo Alcarde (1992).



**FIGURA 3.** Dinâmica do cálcio em função da aplicação de 500 kg.ha<sup>-1</sup> dos diferentes tratamentos.



**FIGURA 4.** Dinâmica do cálcio em função da aplicação de 500 kg.ha<sup>-1</sup> dos diferentes tratamentos.

Ramos (2003) também constatou que o gesso fornece cálcio em profundidade de maneira uniforme, demonstrando que ele é bastante móvel no perfil do solo.

As fontes de silício não apresentaram diferença ao longo de todas as profundidades (Figuras 3 e 4). Na dose de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca o carbonato de cálcio e as fontes de silício a partir da profundidade de 30 cm até 55 cm, não apresentam diferença entre os valores obtidos (Figura 3). Na dose de 1000 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca o carbonato de cálcio e as fontes de silício a partir da profundidade de 30 cm até 55 cm não apresentam diferença entre os valores obtidos (Figura 4).

Cardoso (2003) também verificou um aumento significativo do cálcio fornecido pelo silicato de cálcio (CaSiO<sub>3</sub>) até a profundidade de 40 cm. Nesta, o acréscimo obtido entre a testemunha e o maior tratamento foi de 68 %, comprovando a eficiência do silicato em fornecer Ca em profundidade mesmo quando aplicado em superfície.

Melo (2002) demonstrou através de experimentos que o  $\text{CaSiO}_3$  fornece mais cálcio em profundidade que o  $\text{CaCO}_3$ . Esses resultados demonstram, ainda, que os dois corretivos (silicato e calcário) apresentam comportamentos diferentes quanto à reação no solo, concordando com as afirmações de Korndörfer et al. (1999a).

Faria (2000) obteve valores crescentes de Ca trocável no solo, sendo que os maiores valores foram observados na Areia Quartzosa, que aumentou de 5,2 para 7,8 para 6,1  $\text{Cmolc.dm}^{-3}$ ; já no Latossolo Vermelho – Amarelo houve um incremento de 4,3 para 6,1  $\text{Cmolc.dm}^{-3}$ , com as doses de Si aplicadas.

#### 4.3. Teor de Mg no solo

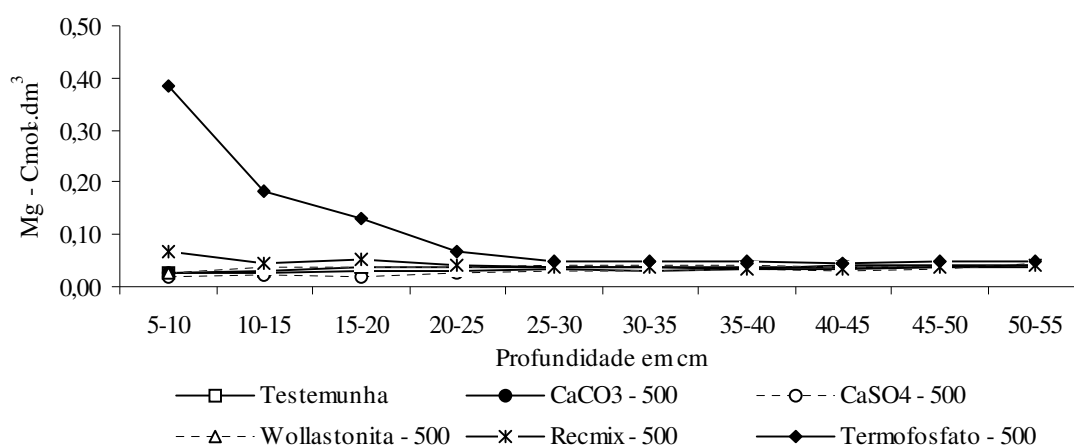
Com relação a dinâmica do Mg em função da aplicação de  $500 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca dos diferentes tratamentos, o que expressou o melhor resultado até a profundidade de 20 cm foi o termofosfato (Figura 5). Isto ocorreu devido a ser a fonte utilizada com maior teor de MgO (18%) . Ramos (2003) também constatou que o termofosfato se mantém melhor até 25 cm.

Com relação a dinâmica do Mg em função da aplicação de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$  dos diferentes tratamentos, o que expressou os melhores resultados até a profundidade de 20 cm foi o termofosfato (Figura 6). Ramos (2003) também constatou que o termofosfato se mantém melhor até 30 cm.

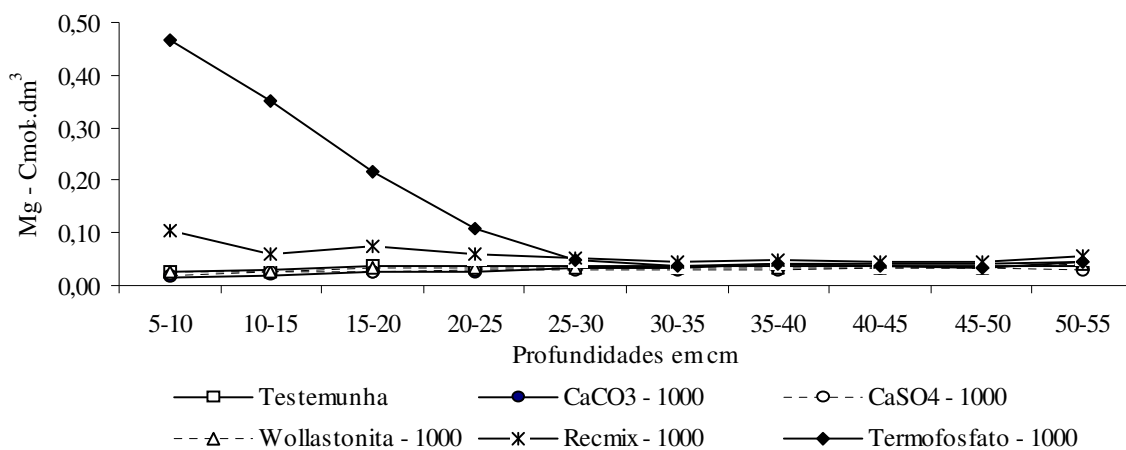
O carbonato de cálcio, o gesso e a wollastonita, apresentam um comportamento muito próximo da testemunha devido a não possuírem MgO em sua composição como pode ser observado na tabela 5 (Figuras 5 e 6). Os valor de MgO presente na wollastonita, é muito baixo e por isto deve ser considerado como traço. Ramos (2003) também constatou o mesmo comportamento das fontes quanto ao fornecimento de MgO em profundidade.

As fontes utilizadas não apresentam diferença quanto ao fornecimento de Mg em profundidade, de 25 a 55cm os valores obtidos são os mesmos. Isto ocorreu para as duas doses utilizadas no experimento. Ramos (2003) também obteve resultados muito parecidos, quanto ao fornecimento de Mg em profundidade.

Cardoso (2003) e Melo (2002) também demonstra que os silicatos de cálcio não afetam os valores de Mg em profundidade devido ao baixo teor desse macronutriente nas fontes.



**FIGURA 5.** Dinâmica do magnésio em função da aplicação de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca dos diferentes tratamentos.



**FIGURA 6.** Dinâmica do magnésio em função da aplicação de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca dos diferentes tratamentos.

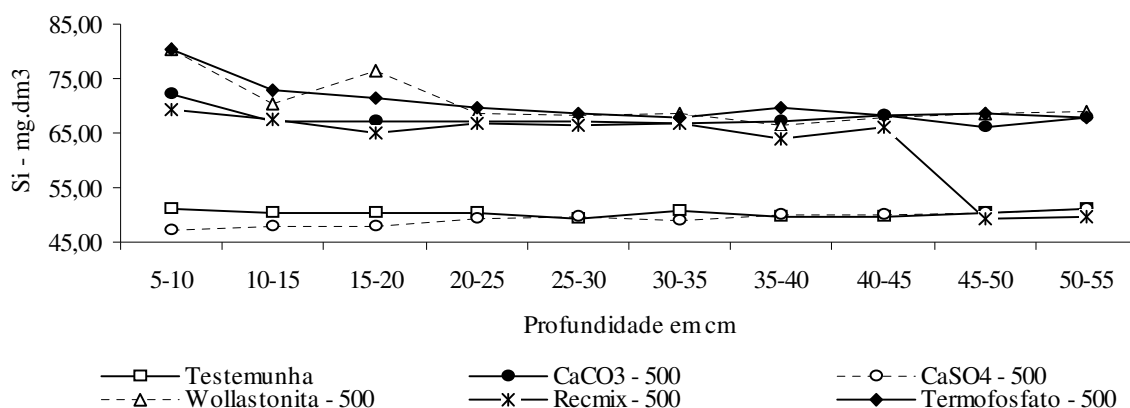
#### 4.4. Teor de Si no solo

As fontes de silício e o carbonato de cálcio não apresentaram diferença entre os valores quanto ao fornecimento do silício em profundidade, e isto ocorreu para as duas doses utilizadas no experimento. Mesmo o carbonato de cálcio que não apresentando silício em sua composição (Tabela 5), consegue fornecer-lo em profundidade. Este fenômeno ocorre devido ao extrator utilizado na análise de silício (Ácido acético). Camargo, et al.(2003), demonstra em diversos solos que a quantidade de silício extraída em ácido acético (0,5M) é maior que em  $\text{CaCl}_2$  (0,01M).

Com relação a dinâmica do Si em função da aplicação de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca dos diferentes tratamentos, o que expressou os melhor resultado até a profundidade de 15 cm foi a wollastonita (Figura 7).. Ramos (2003) constatou que o termofosfato foi a fonte que melhor disponibilizou silício até a profundidade de 30 cm.

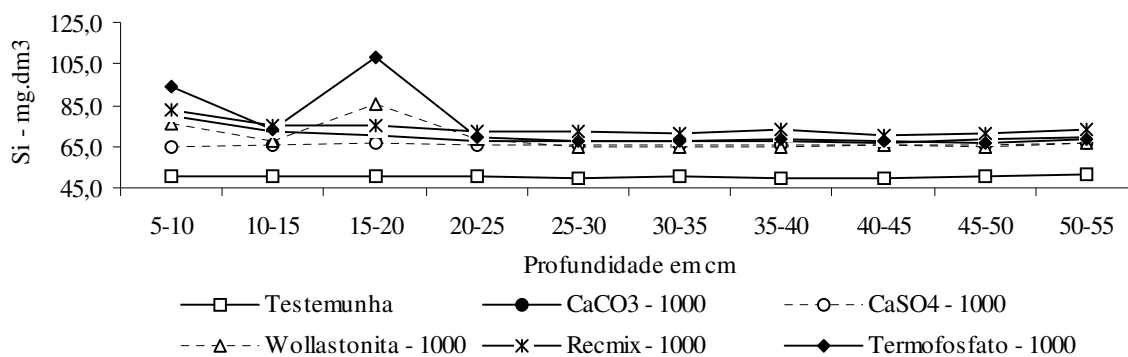
Com relação a dinâmica do Si em função da aplicação de 1000 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca dos diferentes tratamentos, o que expressou os melhores resultados até a profundidade de 15 cm foi o termofosfato (Figura 8). Ramos (2003) constatou que não ocorreu diferença entre os valores obtidos pelas fontes de silício em profundidade.

O sulfato de cálcio ( gesso) tem um comportamento muito parecido com a testemunha na dose de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca, na dose de 1000 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca seu comportamento no solo em profundidade se assemelha às fontes de silício, e isto ocorre em função do tipo de extrator utilizado.



**FIGURA 7.** Dinâmica do silício em função da aplicação de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca dos diferentes tratamentos.





**FIGURA 8.** Dinâmica do silício em função da aplicação de  $1000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Ca dos diferentes tratamentos.

Ramos (2003) demonstra perfeitamente a incapacidade do gesso para fornecimento de silício em profundidade. Isto ocorre devido o sulfato de cálcio não possuir silício em sua composição.

Cardoso (2003) demonstra um aumento crescente nos teores de silício até a profundidade de 40 cm, utilizando – se doses crescentes de silicato de cálcio.

## 5. CONCLUSÃO

- A fonte que melhor corrigiu o pH até a profundidade de 25 cm foi o carbonato de cálcio, seguida das fontes de silício. A partir de 25 cm de profundidade não apresentaram diferença.
- Dentre as fontes de silício avaliadas, não houve diferença quanto ao fornecimento de silício em profundidade..
- O gesso disponibilizou Ca até a última profundidade, demonstrando que este produto é bastante móvel no perfil do solo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. 1992. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA. 1992. (Boletim Técnico, 6).

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; DIAS, L.E. & BARROS, N.F. Aplicação de resíduos siderúrgicos em um latossolo: Efeitos na correção do solo e na disponibilidade de nutrientes e metais pesados. **R. Brás. Ci. Solo**, Campinas, v. 17, p. 299-304,1993.

BAKER, J.C.; SCRIVNER, C.L. Simulated movement of silicon on Typic Hapludalf. **Soil Science**, v. 139, n.3, p. 265-61, 1985.

BARBOSA FILHO, M.P; SNYDER G.H; ELLIOT, C.L.; DATNOFF, L.E. 1998. Evaluation of soil tests for determining rice-available silicon. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**

CARDOSO, K. **Aplicação de silicato de cálcio na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens***. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2003. 48p. (Monografia).

CAMARGO, M.S. et al. **Disponibilidade de silício em solos: efeito do pH, silício e extratores**. Ribeirão Preto: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, XXIX, 2003. 1 CD – ROM.

DATNOFF, L.E., SNYDER, G.H., KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in Agricultura**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403p.

ELGAWHARY, S. M.; LINDSAY, W. L. Solubility of silica in soils. **Soil Sc.Soc.Am.J.**, v. 36, p. 430-3, 1972.

EMPBRAPA. **Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados**. Relatório Técnico Anual do CPAC, 1979-1980. Brasília, 1981. 44 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and plant Molecular Biology**, v.50, p. 641-664, 1999.

FARIA, R. J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 47p. (Dissertação de Mestrado).

FERREIRA, E.S.; KORNDÖRFER, G.H.; MARTINS, J.; MATTHIESEN, L.A. **Efeitos da aplicação de gesso + calcário sobre algumas características químicas em latossolo vermelho-amarelo**. São Paulo: 1987. (Boletim Técnico, 38).

KORNDÖRFER, G.H. 2002. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**: Uberlândia: Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura”. 2002. (Boletim Técnico, 01).

KORNDÖRFER, G.H. **Apostila de adubos e adubação**: gesso agrícola. Disponível em: <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Transp.-%20S+GESSO%2010.pdf>. Acesso em 07/10/2003.

KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H.; MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n. 1, p. 101 – 106, jan./mar. 1999a.

MELO, S. P. **Silício acumulado em espécies forrageiras tropicais (*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*) e tolerância ao déficit hídrico**. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia. 2002. 65p. (Dissertação de Mestrado).

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P.; TEIXEIRA, J.L. & LEAL, P.G.L. **Eficiência agronômica de escórias da Siderurgia Pains**. UFV, Viçosa, 1993.

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

PIAU, W.C. **Viabilidade do uso de escórias como corretivo e fertilizantes**. Piracicaba: USP, 1991. 99 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1991.

RAMOS, L.A. **Corretivos e condicionadores na correção do solo através de colunas de lixiviação**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2003. 44p. (Monografia).

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1999, 369 p.

RAIJ, B. van. **Avaliação de fertilidade do solo**. Piracicaba, POTAFOS, 1981. 142 p.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. e SOUZA, D.M.G. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em solos de Cerrados. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 18, Salvador, 1981. **Resumos**, Salvador, SBCS, 1981. 96 p.

SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso de Gesso Agrícola nos Solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPCA, 1996. 20p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica, 32).

## **APÊNDICE**

**TABELA 1A:** Dinâmica do pH em CaCl<sub>2</sub> em função da aplicação de Ca dos diferentes tratamentos.

Resultados de pH											
Anéis											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Testemunha - 01	5,8	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,7	5,7	5,8	5,8
Testemunha - 02	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,7	5,8
Testemunha - 03	5,8	5,7	5,9	5,7	5,8	5,7	5,9	5,7	5,7	5,7	5,8
Testemunha - 04	5,8	5,9	5,8	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 01	6,9	6,4	6,3	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 02	6,7	6,6	6,5	6,0	6,0	5,9	5,8	5,9	5,7	5,8	5,9
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 03	6,7	6,6	6,3	6,0	5,9	5,7	5,7	5,8	5,7	5,8	5,8
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 04	7,1	6,3	6,2	6,1	6,2	5,9	5,8	5,7	5,7	5,8	5,8
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 01	7,2	6,6	6,5	6,5	6,1	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	5,8
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 02	7,3	7,0	6,5	6,4	6,1	6,0	5,7	5,8	5,8	5,8	5,7
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 03	7,3	6,6	6,8	6,6	6,1	6,2	5,9	5,8	5,8	5,7	5,8
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 04	7,1	6,6	6,3	6,3	6,1	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,7
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 01	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1	6,0	5,8	5,9	5,7	5,7
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 02	6,1	6,1	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	5,9	5,9
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 03	6,0	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1	6,0	5,9	5,9	5,8
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 04	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1	6,0	6,0	5,9	5,9	5,9
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 01	6,1	6,0	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 02	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 03	6,2	6,0	6,0	6,0	6,2	6,1	6,2	6,0	6,0	6,1	6,1
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 04	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,0	6,0	6,0	6,2	6,1	6,0
Wollastonita - 500 - 01	6,7	6,1	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,7	5,8
Wollastonita - 500 - 02	6,8	6,4	6,1	6,0	6,0	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
Wollastonita - 500 - 03	6,7	6,3	6,0	5,9	5,8	5,8	5,7	5,8	5,8	5,7	5,8
Wollastonita - 500 - 04	6,6	6,2	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,8	5,8	5,8
Wollastonita - 1000 - 01	7,1	6,4	6,0	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7	5,8	5,8	5,9
Wollastonita - 1000 - 02	7,0	6,3	6,1	6,1	6,0	5,8	5,7	5,7	5,7	5,8	5,9
Wollastonita - 1000 - 03	6,8	6,3	6,1	6,1	5,9	5,8	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8
Wollastonita - 1000 - 04	6,8	6,1	6,0	6,0	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,8
Recmix - 500 - 01	6,7	5,9	5,8	5,8	5,7	5,8	5,8	5,7	5,7	5,8	5,7
Recmix - 500 - 02	7,0	6,2	6,0	5,8	5,7	5,8	5,8	5,7	5,7	5,8	5,8
Recmix - 500 - 03	7,2	6,1	6,1	5,8	5,7	5,7	5,8	5,6	5,7	5,6	5,7
Recmix - 500 - 04	6,7	6,0	5,8	6,0	5,9	5,8	5,9	5,8	6,0	5,9	5,8
Recmix - 1000 - 01	7,0	6,4	5,9	5,8	5,8	5,7	5,9	5,7	5,8	5,7	5,8
Recmix - 1000 - 02	7,4	6,4	5,9	5,8	5,7	5,7	5,9	5,8	5,8	5,9	5,7
Recmix - 1000 - 03	6,9	6,2	5,9	5,8	5,8	5,9	5,7	5,8	5,8	5,7	5,8
Recmix - 1000 - 04	7,1	6,3	6,1	5,9	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
Termofosfato - 500 - 01	6,9	6,3	5,9	5,8	5,7	5,9	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8
Termofosfato - 500 - 02	7,0	6,3	5,8	5,8	5,7	5,7	5,8	5,7	5,8	5,7	5,6
Termofosfato - 500 - 03	6,8	6,2	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7	5,8	5,8
Termofosfato - 500 - 04	6,9	6,3	6,3	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,8	5,8
Termofosfato - 1000 - 01	7,1	6,3	6,0	5,9	6,0	5,8	5,7	5,9	5,8	5,8	5,8
Termofosfato - 1000 - 02	7,3	6,6	6,3	6,0	6,0	5,7	5,8	5,8	5,7	5,7	5,8
Termofosfato - 1000 - 03	7,2	6,5	6,3	6,1	5,9	5,8	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9
Termofosfato - 1000 - 04	6,9	6,5	6,4	6,1	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,8

**TABELA 2A:** Dinâmica do Ca em função da aplicação dos diferentes tratamentos.

Resultados de Ca											
Anéis											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Testemunha - 01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
Testemunha - 02	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Testemunha - 03	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Testemunha - 04	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
CaCO3 - 500 - 01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
CaCO3 - 500 - 02	1,6	1,3	1,0	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CaCO3 - 500 - 03		1,3	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CaCO3 - 500 - 04	2,1	1,4	0,9	0,8	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
CaCO3 - 1000 - 01	3,2	1,3	1,0	0,7	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
CaCO3 - 1000 - 02	3,1	1,6	1,1	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CaCO3 - 1000 - 03	4,2	1,7	1,3	1,1	0,7	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CaCO3 - 1000 - 04	4,0	1,6	1,2	1,0	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CaSO4 - 500 - 01	1,1	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,1
CaSO4 - 500 - 02	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2
CaSO4 - 500 - 03	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,5	0,4
CaSO4 - 500 - 04	0,8	0,9	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	0,9	0,8	0,4	0,3
CaSO4 - 1000 - 01	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9
CaSO4 - 1000 - 02	1,6	1,0	1,0	1,1	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,0	1,1
CaSO4 - 1000 - 03	1,0	0,9	0,8	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,8
CaSO4 - 1000 - 04	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,0
Wollastonita - 500 - 01	1,6	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Wollastonita - 500 - 02	1,8	0,7	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Wollastonita - 500 - 03	2,0	1,0	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wollastonita - 500 - 04	1,5	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Wollastonita - 1000 - 01	2,3	1,0		0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wollastonita - 1000 - 02	2,2	0,7	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wollastonita - 1000 - 03	2,1	0,5	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wollastonita - 1000 - 04	2,2	0,9	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Recmix - 500 - 01	1,4	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Recmix - 500 - 02	1,7	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Recmix - 500 - 03	1,8	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Recmix - 500 - 04	1,6	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Recmix - 1000 - 01	2,7	1,0	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Recmix - 1000 - 02	3,3	1,1	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Recmix - 1000 - 03	2,0	0,9	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Recmix - 1000 - 04	3,0	1,1	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Termofosfato - 500 - 01	1,9	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Termofosfato - 500 - 02	1,4	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Termofosfato - 500 - 03	1,6	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Termofosfato - 500 - 04	1,4	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Termofosfato - 1000 - 01	2,1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Termofosfato - 1000 - 02	2,3	0,9	0,9	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1		0,1
Termofosfato - 1000 - 03	2,1	0,8	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Termofosfato - 1000 - 04	2,6	1,1	1,0	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1



**TABELA 3A:** Dinâmica do Mg em função da aplicação de Ca dos diferentes tratamentos.

Resultados de Mg											
Anéis											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Testemunha - 01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Testemunha - 02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Testemunha - 03	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06
Testemunha - 04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
CaCO <sub>3</sub> - 500 - 04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
CaCO <sub>3</sub> - 1000 - 04	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03
CaSO <sub>4</sub> - 500 - 04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,08
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
CaSO <sub>4</sub> - 1000 - 04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Wollastonita - 500 - 01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 500 - 02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 500 - 03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
Wollastonita - 500 - 04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06
Wollastonita - 1000 - 01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 1000 - 02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 1000 - 03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Wollastonita - 1000 - 04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05
Recmix - 500 - 01	0,32	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Recmix - 500 - 02		0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Recmix - 500 - 03	0,38	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Recmix - 500 - 04	0,40	0,06	0,04	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05
Recmix - 1000 - 01	0,46	0,12	0,06	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
Recmix - 1000 - 02	0,60	0,09	0,06	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05
Recmix - 1000 - 03	0,48	0,08	0,06	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
Recmix - 1000 - 04	0,58	0,13	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
Termofosfato - 500 - 01	1,06	0,23	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Termofosfato - 500 - 02	1,52	0,36	0,16	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Termofosfato - 500 - 03	1,45	0,48	0,22	0,20	0,10	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
Termofosfato - 500 - 04	1,59	0,46	0,28	0,14	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Termofosfato - 1000 - 01	1,06	0,27	0,15	0,16	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Termofosfato - 1000 - 02	1,17	0,41	0,41	0,19	0,10	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Termofosfato - 1000 - 03	2,03	0,59	0,23	0,28	0,10	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
Termofosfato - 1000 - 04	1,58	0,59	0,62	0,24	0,20	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05

**TABELA 3A:** Dinâmica do Mg em função da aplicação de Ca dos diferentes tratamentos.

Resultados de Mg											
Anéis											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Testemunha - 01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Testemunha - 02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Testemunha - 03	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06
Testemunha - 04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
CaCO3 - 500 - 01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
CaCO3 - 500 - 02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
CaCO3 - 500 - 03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
CaCO3 - 500 - 04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
CaCO3 - 1000 - 01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
CaCO3 - 1000 - 02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
CaCO3 - 1000 - 03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
CaCO3 - 1000 - 04	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
CaSO4 - 500 - 01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
CaSO4 - 500 - 02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
CaSO4 - 500 - 03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03
CaSO4 - 500 - 04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,08
CaSO4 - 1000 - 01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
CaSO4 - 1000 - 02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
CaSO4 - 1000 - 03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
CaSO4 - 1000 - 04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Wollastonita - 500 - 01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 500 - 02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 500 - 03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
Wollastonita - 500 - 04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06
Wollastonita - 1000 - 01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 1000 - 02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Wollastonita - 1000 - 03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Wollastonita - 1000 - 04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05
Recmix - 500 - 01	0,32	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Recmix - 500 - 02		0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Recmix - 500 - 03	0,38	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Recmix - 500 - 04	0,40	0,06	0,04	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05
Recmix - 1000 - 01	0,46	0,12	0,06	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
Recmix - 1000 - 02	0,60	0,09	0,06	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05
Recmix - 1000 - 03	0,48	0,08	0,06	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
Recmix - 1000 - 04	0,58	0,13	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
Termofosfato - 500 - 01	1,06	0,23	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Termofosfato - 500 - 02	1,52	0,36	0,16	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Termofosfato - 500 - 03	1,45	0,48	0,22	0,20	0,10	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
Termofosfato - 500 - 04	1,59	0,46	0,28	0,14	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Termofosfato - 1000 - 01	1,06	0,27	0,15	0,16	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Termofosfato - 1000 - 02	1,17	0,41	0,41	0,19	0,10	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Termofosfato - 1000 - 03	2,03	0,59	0,23	0,28	0,10	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
Termofosfato - 1000 - 04	1,58	0,59	0,62	0,24	0,20	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05

