

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

INTERAÇÃO SILÍCIO – FÓSFORO EM SOLOS DO TRIÂNGULO MINEIRO

ROGÉRIO HENRIQUE RESENDE

GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER
(Orientador)

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

Uberlândia - MG
Novembro - 2004

INTERAÇÃO SILÍCIO – FÓSFORO EM SOLOS DO TRIÂNGULO MINEIRO

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 23/11/2004

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
(Orientador)

Prof. Dr. Antônio Nolla
(Membro da Banca)

Anelisa de Aquino Vidal
(Membro da Banca)

Uberlândia - MG
Novembro - 2004

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por dar-me saúde, inteligência e oportunidade de realizar o grande sonho de tornar-me um Engenheiro Agrônomo.

Agradeço aos meus pais pelo amor, compreensão e apoio em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis. Aos meus irmãos pelo companheirismo e amizade. Nunca esquecerei de vocês.

Agradeço a todos os meus amigos da 29ª turma de Agronomia, em especial ao Scalia, que além de companheiro tornou-se meu melhor amigo. Enfim, a todos aqueles que sempre estiveram na turma da farra: Valtim, Scalia, William, Thadeu, Saul, Kitelo, Tutina, Piu-piu, Amarelo, Bárbara, Thaís, Talita, Meiry, Amanda, e a todos os companheiros de República, o Djalma, o Daniel Bertarini, o Rodrigo, e o Rogério França, aprendi demais nesses cinco anos.

Agradeço a todos do GPSi, em especial à Anelisa, que foi uma “mãe” nessa monografia.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Gaspar Henrique Korndörfer, pela amizade, por dar a oportunidade de fazer parte desse importante grupo de pesquisa e por sempre estar disponível para atender-nos, inclusive em sua residência. Valeu barbaridade, tchê!!!

Agradeço em especial à Dra. Mônica pela amizade, companheirismo e paciência, pois foram longos anos de trabalho e você sempre esteve ao nosso lado.

ÍNDICE

RESUMO	04
1 - INTRODUÇÃO	05
2- REVISÃO DE LITERATURA	07
2.1 – Silício no solo.....	07
2.2 – Interações do Si com o Fósforo no solo.....	08
3- MATERIAL E MÉTODOS	11
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5- CONCLUSÕES	23
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

A utilização do silício na agricultura brasileira vem sendo muito difundida nos últimos anos, sendo este elemento considerado pela legislação brasileira, como um micronutriente essencial às plantas. A adubação fosfatada é uma prática de manejo da fertilidade do solo que eleva o rendimento das culturas, especialmente nas regiões de cerrado, onde predominam solos deficientes em fósforo. Com o objetivo de estudar a influência do fósforo aplicado na disponibilidade do silício e estudar a capacidade de fixação do silício em solos da região do Triângulo Mineiro, foi instalado um experimento no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia com 9 tipos de solos, sendo que em 4 deles foram retiradas amostras referentes ao horizonte B, coletados sob vegetação nativa de cerrado, secos ao ar e peneirados (50 mesh). Incubou-se alíquotas de 250 gramas dos solos em recipientes plásticos com doses crescentes de carbonato de cálcio p.a. (0, 2, 4, 6 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), 0 e 400 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ de fósforo na forma de Fosfato Dicálcio p.a. (CaHPO_4) e 0 e 400 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ de silício na fonte de Ácido Silícico p.a. (H_4SiO_4), distribuídos em blocos casualizados com três repetições. Após 90 dias de incubação a 80% da capacidade de campo, determinou-se a textura, matéria orgânica, silício em CaCl_2 , fósforo remanescente, fósforo em resina, pH CaCl_2 , cálcio, magnésio, potássio, H+Al, e V%. Concluiu-se que a aplicação do ácido monossilícico não foi capaz de impedir a adsorção de fósforo, porém a aplicação de fósforo aumentou a disponibilidade de silício no solo.

1 – INTRODUÇÃO

Os solos tropicais geralmente são muito intemperizados, apresentando altos teores de óxidos de ferro e alumínio e baixos teores de silício e fósforo, principalmente em solos arenosos. Estes são predominantes em várias regiões do Brasil, principalmente no cerrado, onde geralmente ocorre maior adsorção de silício e fósforo, indisponibilizando esses elementos às culturas.

A utilização do silício na agricultura brasileira vem sendo muito difundida nos últimos anos, sendo este elemento considerado pela legislação brasileira (Brasil, 2004), como um micronutriente essencial às plantas. Os seus benefícios estão associados ao aumento da capacidade fotossintética, tolerância ao estresse hídrico, resistência a pragas e doenças (principalmente fúngicas), a diminuição da toxicidade do ferro e manganês, aumento da disponibilidade de fósforo e aumento da produtividade, especialmente de gramíneas.

A determinação da sílica tem interesse no estudo de certos fenômenos pedogenéticos, considerando-se que um dos principais aspectos do intemperismo químico dos trópicos úmidos é a remoção da sílica do perfil do solo, gerando solos com baixo pH e

alto teor de óxidos. Sendo assim, a concentração de silício na solução do solo é baixa na maioria dos solos, podendo variar de 0,1 a 0,06 mol.L⁻¹, sendo dependente das características físicas e químicas do solo, principalmente do pH.

A adubação fosfatada é uma prática de manejo da fertilidade do solo que eleva o rendimento das culturas, especialmente nas regiões de cerrado, onde predominam solos deficientes em fósforo. Esta deficiência está relacionada com alta capacidade de fixação de fósforo, determinada principalmente pelo conteúdo de argilas presentes nesses solos.

Estudos recentes têm demonstrado que a presença de silício pode aumentar o aproveitamento do fósforo às plantas, principalmente em solos muito intemperizados. Tal fato está relacionado com a competição entre fósforo e silício pelos mesmos sítios de adsorção onde o fornecimento de silicato aumenta a carga negativa do solo devido ao aumento de pH e reduz adsorção do fosfato, disponibilizando às plantas esse nutriente.

O objetivo do trabalho foi estudar a influência do fósforo aplicado na disponibilidade do silício e estudar a capacidade de fixação do silício em solos da região do Triângulo Mineiro.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Silício no Solo

O silício compreende 27,6% da crosta terrestre, sendo encontrado como forma solúvel na solução do solo e como forma combinada na fase sólida (Barbosa Filho, 2000). O seu teor total, devidamente relacionado com outros fatores, permite o estudo de vários fenômenos relativos à formação dos solos (Verdade, 1961).

Estudos têm demonstrado que 95-99% do silício encontra-se na forma fracamente adsorvida no solo e somente 1 a 5 % na solução do solo (Matichenkov et al., 1997).

Do ponto de vista agrônômico, as principais formas de silício presentes no solo são: silício solúvel (H_4SiO_4 - ácido monossilícico), que é desprovido de carga elétrica (Raij e Camargo, 1973); Silício adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio, minerais silicatados (cristalinos e amorfos) e silício polimerizado. A solubilidade destes minerais depende da temperatura, pH, tamanho de partícula, composição química e presença de rachaduras (rupturas) na sua estrutura. A dissolução destes minerais também é afetada por fatores de solo, tais como: matéria orgânica, teor de umidade, potencial de óxido-redução e sesquióxidos.

Na solução do solo, o ácido monossilícico (H_4SiO_4) comporta-se como um ácido muito fraco, de forma que, em pH 7,0, apenas 0,2% se ioniza na forma carregada negativamente $H_3SiO_4^-$, sendo que o grau de ionização aumenta com a elevação do pH (Mc Keague e Cline, 1963).

Solos tropicais e subtropicais, sujeitos à intemperização com os cultivos sucessivos, tendem a apresentar baixos níveis de silício trocável, podendo ser de 5 a 10 vezes menores que os encontrados nos solos das regiões temperadas (Mc Keague & Cline, 1963; Foy, 1992). É o caso de regiões agrícolas importantes como o Centro-Oeste brasileiro (cerrado) pobres em silício devido à dessilificação, que consiste na remoção do silício durante a meteorização das rochas. Esses solos, normalmente, apresentam baixo pH, alto teor de Al, baixa saturação por bases, além de uma atividade microbiana reduzida. A sequência crescente de intemperização é a seguinte: Molissóis> Vertissóis> Inceptissóis> Alfissóis> Ultissóis> Oxissóis (Lima Filho, 1999).

2.2 - Interações do Si com o P no solo

O benefício dos silicatos para o aproveitamento de fósforo, a relação entre silício solúvel em água e fósforo disponível e as correlações entre silício adicionado como silicato, fósforo disponível e acumulado na planta são bastante conhecidas (Birch, 1953; Sanchez & Uehara, 1980).

A fertilização com silicatos como silicato de cálcio ($CaSiO_3$) das escórias de siderurgia (18-21%Si) do silicato de magnésio ($MgSiO_3$) das fontes comerciais como o termofosfato magnésiano favorece o aproveitamento de fósforo em solos ácidos pela redução da fixação e conseqüentemente aumento na disponibilidade de fósforo (Sanchez & Uehara, 1980). Pelo fato do ânion silicato ser quimicamente adsorvido, haveria uma

competição entre silício e fósforo pelos mesmos sítios de adsorção. A correção da acidez do solo com silicatos além de aumentar o pH, poderia disponibilizar o fósforo pelo efeito adicional de deslocar o fósforo adsorvido para a solução, ou seja, o bloqueamento dos sítios de adsorção (Volkweiss & Raij, 1977). A respeito disso, Hingston et al.(1972) relataram que além do fosfato, o silicato e outros ânions (sulfato, bicarbonato, molibdato, selenito, nitrato) são capazes de se coordenar com o ferro e o alumínio para formar compostos estáveis e de competir com os ânions fosfato pelos mesmos sítios de adsorção no solo.

Fassbender & Molina (1969), estudando o efeito de fertilizantes fosfatados sobre a produção de plantas de tomate e pH de um solo da Costa Rica originado de cinzas vulcânicas, verificaram que a utilização de fertilizantes silico-fosfatados resultaram em maiores produções que o superfosfato triplo finamente moído. As maiores produções foram atribuídas ao aumento do pH e redução do teor de alumínio trocável e ao aumento na disponibilidade do fósforo.

Em pesquisas nos EUA com amostras de um latossolo do cerrado brasileiro (pH 4,8) cultivado com arroz em casa-de-vegetação e incubadas com CaCO_3 e CaSiO_3 verificou-se redução na retenção de fósforo e aumento na capacidade de troca de cátions (CTC) após seis meses de incubação. Constatou-se também que nos tratamentos com CaCO_3 e CaSiO_3 houve redução de 18% e 24 % respectivamente na adsorção de fósforo no solo.

Segundo Plucknett (1972), a aplicação de silicato aumenta a solubilidade de fósforo no solo, diminui a fixação desse elemento contido nos fertilizantes fosfatados, corrige as deficiências de cálcio e magnésio e aumenta o pH do solo. Foi verificado por Scarseth

(1965) que a aplicação de quantidades crescentes de silicato de sódio em solos ácidos aumentava o teor de fósforo em solução.

Ayres (1966) constatou que a aplicação de silicato de cálcio foi responsável pelo aumento de pH do solo e diminuição na absorção de manganês e alumínio, sugerindo que deve existir um nível mínimo de silício no solo para o crescimento normal da cana-de-açúcar. No mesmo ano, Aly (1966), cultivando cana-de-açúcar em vasos, constatou um aumento na absorção de silício pela aplicação de silicato em solução sem fósforo. A adição de silicato aumentou a disponibilidade de fósforo no solo, que sob condições de deficiência do elemento, seria acompanhado por aumentos de produtividade. Para teores semelhantes de fósforo nas plantas, aquelas tratadas com silicato desenvolveram-se melhor, indicando que o silício, possivelmente favoreça o aproveitamento do fósforo pela planta em decorrência do aumento da disponibilidade no solo.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho baseou-se no estudo desenvolvido por Melo et al. (2003) na região do Triângulo Mineiro, sendo selecionados nove solos distribuídos em áreas sob vegetação nativa de cerrado, para evitar influência de adubações. Foram amostrados os horizontes A nos 9 perfis e o B em 4 desses, totalizando 13 solos. A classificação, localização, profundidade de amostragem e material de origem dos solos estudados são apresentados na Tabela 1.

O experimento foi instalado em um ambiente onde a temperatura e a umidade provavelmente sofreram poucas variações, apesar de não terem sido medidas, no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (MG) e a metodologia para o experimento de incubação foi a mesma descrita por Medina-González et al. (1988).

As amostras foram coletadas, secas e peneiradas a 50 mesh. Os tratamentos consistiram de doses crescentes de carbonato de cálcio p.a. (0, 2, 4, 6 Mg.ha⁻¹), 0 e 400 mg.dm⁻³ de fósforo na forma de Fosfato Dicálcio p.a. (CaHPO₄) e 0 e 400 mg.dm⁻³ de silício na fonte de ácido silícico p.a. (H₄SiO₄). Os materiais de cada tratamento (calcário, silício e fósforo) foram misturados com 250g de solo e acondicionados em recipientes de

plástico. Adicionou - se água destilada para atingir 80% da capacidade de campo de cada solo e os recipientes foram fechados com a finalidade de diminuir a perda de água por evaporação. Além disso, duas vezes por semana, os potes foram pesados com o objetivo de manter o teor de umidade na capacidade de campo determinada para cada solo.

TABELA 1. Classificação, localização, horizonte, profundidade de amostragem e material de origem dos solos estudados (adaptado de Melo et. al, 2003).

Classificação dos solos	Local de coleta	Horiz	Prof. (cm)	Material de origem
Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt)	Uberlândia	A	0 – 29	Sedimentos
	Uberlândia	B	52-65	Sedimentos
Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAdt)	Uberaba	A	0 – 13	Arenito
	Uberaba	B	29-57	Arenito
Nitossolo Vermelho Eutroférico chernossólico (NVef)	Indianópolis	A	0 – 11	Basalto
Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf t)	Cachoeira	A	0 – 22	Basalto
Argissolo Vermelho - Amarelo Eutrófico típico (PVAe)	Dourada			
	Araguari	A	0 - 29	Migmatito/ Micaxisto
Alissolo Crômico típico (Act)	Uberaba	A		Arenito
Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt)	Monte Alegre	A	0 – 17	Arenito
	Monte Alegre	B	32-72	Arenito
Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAdt)	Uberaba	A	0 – 27	Arenito
	Uberaba	B	47-70	Arenito
Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQot)	Santa Vitória	A	0 - 22	Arenito

O ensaio foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial com 13 tipos de solos, 4 doses de calcário, 2 doses de Si e 2 doses de P (13 x 4 x 2 x 2), com 3 repetições.

Após 90 dias de incubação, amostras homogêneas de solo foram retiradas, secas ao ar, passadas em peneira (< 2 mm) e depois foram realizadas as análises físicas e químicas.

TABELA 2. Classe, horizonte, argila, silte, areias, areia (grossa e fina) (Melo et. al, 2003).

Classe	Horiz.	Argila	Silte	Areias	Areia	Areia
					Fina	Grossa
-----%-----						
1 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt)	A	82	6	12	6	6
2 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt)	B	88	1	11	5	6
3 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAdt)	A	29	1	70	30	40
4 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAdt)	B	33	1	66	30	36
5 - Nitossolo Vermelho Eutrófico chernossólico (Nvef)	A	77	16	7	5	2
6 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdf t)	A	65	20	15	5	10
7 - Argissolo Vermelho - Amarelo eutrófico típico (PVAet)	A	36	8	56	24	32
8 - Alissolo Crômico típico (ACt)	A	30	2	68	35	33
9 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd t)	A	18	1	81	48	33
10 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd t)	B	20	1	79	49	30
11 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAdt)	A	26	1	73	41	32
12 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAdt)	B	32	2	66	37	29
13 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo t)	A	12	0	88	23	65

Foram realizadas análises químicas de matéria orgânica (Cantarella et al, 2001), silício em CaCl_2 (Korndörfer et al, 2004), fósforo remanescente (Alvarez & Fonseca, 1990), fósforo em resina (Raij, 2001), pH CaCl_2 (Embrapa, 1997), cálcio, magnésio, potássio, H+Al, e V% (Raij & Quaggio, 2001).

Para determinação de silício remanescente, tomou-se uma alíquota de 5g de solo adicionando 50 mL de uma solução com CaCl_2 $0,01\text{mol.L}^{-1}$ e 60 mL.L^{-1} de silício 1000 mL.L^{-1} . Para o preparo da solução de 60 mL.L^{-1} de Si com CaCl_2 $0,01\text{mol.L}^{-1}$, colocou-se 60 mL do padrão de 1000 mL.L^{-1} de silício (Titrisol) em um béquer plástico. O pH da solução foi diminuído de 11,0 para 7,0 com Ácido Clorídrico 10% evitando que uma reação

entre o padrão de silício e o CaCl_2 ocorresse. Transferiu-se a solução para um balão de 1000 mL, e completou-se o volume com água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas por 1 hora a 60rpm sobre uma Mesa Agitadora, deixando-as em repouso por 16 horas para separar a fases sólida da líquida. No sobrenadante (fase líquida) determinou-se a concentração de Si utilizando o método de determinação de silício no solo descrito por Korndörfer et al. (1999). Os resultados das análises químicas estão descritos na Tabela 3.

TABELA 3. Resultados das análises químicas de parte da coleção de solos estudados por Melo et. Al, 2003 e Camargo, 2003.

Classificação	Procedência	Matéria	P	V%	Si	pH	Ca	Mg	K	CTC
		Orgânica				CaCl ₂				
		g.Kg ⁻¹	mg kg ¹	mg kg ¹			----- cmolc dm ⁻³ -----			
LVdt (hor A)	Uberlândia	42	0,5	2,4	8	4,3	0,2	0,2	0,2	1,8
LVdt (hor. B)	Uberlândia	29	0,2	2,9	24	3,9	0,0	0,1	0,0	5,0
LVA dt (hor. A)	Uberaba	64	0,7	7,5	8	3,7	0,7	0,3	0,1	7,5
LVA dt (hor. B)	Uberaba	26	0,3	1,1	14	4,2	0,2	0,0	0,0	4,5
Nvef	Indianópolis	29	14,2	77	104	5,7	8,9	2,5	1,1	14,1
LVdt	C. Dourada	38	1,5	21	25	4,8	2,0	1,1	0,1	7,3
PVAe	Araguari	57	1,5	57	29	4,9	5,1	0,9	0,4	8,9
ACT	Uberaba	35	1,5	64	14	4,9	6,7	2,0	0,3	12,1
LVdt (hor. A)	M.Alegre	36	2,2	2,1	3	3,7	0,1	0,1	0,0	2,8
LVdt (hor. B)	M.Alegre	6	0,7	1,0	5	3,8	0,2	0,0	0,0	7,1
LVA dt (hor. A)	Uberaba	9	2,3	2,2	6	3,9	0,1	0,0	0,0	3,8
LVA dt (hor. B)	Uberaba	4	0,2	0,7	7	4,4	0,1	0,0	0,0	2,2
RQo t	S. Vitória	9	0,3	4,4	3	3,8	0,1	0,0	0,1	2,5

LVdt: Latossolo Vermelho Distrófico típico; LVA dt: Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico típico; Nvef: Nitossolo Vermelho Eutroférico chernossólico; LVdf típico: Latossolo Vermelho distroférico típico; PVAe: Argissolo Vermelho – Amarelo eutroférico típico; ACT: Alissolo Crômico típico; LVd típico: Latossolo Vermelho Distrófico típico; LVA dt: Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico típico; RQo típico: Neossolo Quartzarênico Órtico típico. pH em água (1:2,5). Cálcio e Magnésio (KCl 1N). Fósforo (Melich 1), Ca e Mg (KCl 1N). Si (ácido acético).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fósforo remanescente é uma determinação que permite quantificar a capacidade de adsorção de cada solo. Interpretando a Figura 1, é possível observar que grandes diferenças existem quanto à capacidade de adsorção de fósforo dos solos em estudo. Nota-se que a quantidade de argila de cada solo é um dos fatores determinantes para a fixação de fósforo. Os solos que apresentam textura mais argilosa como o LVdf típico(65%), NVef(77%), LVdt(82), LVdt(88%), LVAdt(78%) e LVAdt(85%) foram os que mais fixaram fósforo. Já os solos de textura média e arenosa como RQt (12%), LVdt(17%), LVdt(17%), LVAdt(18%), LVAdt(20%), PVAe(36%) e ACt(18%) apresentaram maiores teores de fósforo em solução, comprovando que a textura é um fator determinante na adsorção do fósforo. Observa-se também, que a faixa de variação de fósforo remanescente, para solos de textura argilosa como o NVef, LVdf e LVAd estabeleceu-se entre 5 a 15 mg dm^{-3} . Já para aqueles solos de textura média e arenosa, como RQt, LVdt e LVAd o intervalo ficou entre 25 a 40 mg. dm^{-3} .

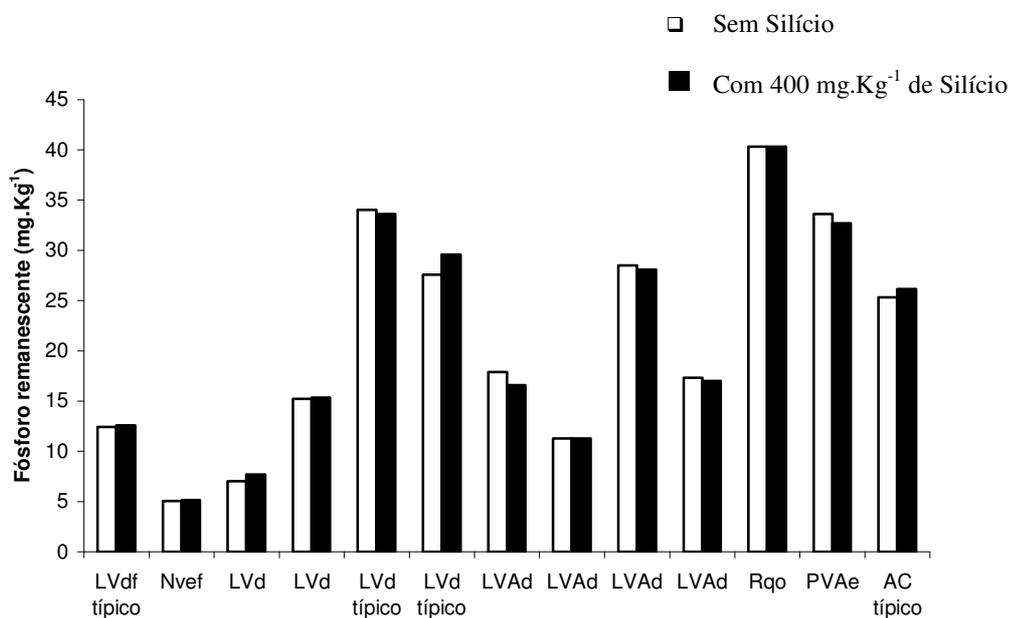


FIGURA 1. Fósforo remanescente em solos do Triângulo Mineiro incubados com adubos silicatados.

Na Figura 1 observa-se que o silício não foi capaz de reduzir a adsorção de fósforo. Provavelmente a fonte de silício usada no experimento não tenha sido eficiente na liberação deste elemento, facilitando maior adsorção de fósforo, ou pode ter ocorrido a saturação das suas superfícies específicas dos solos por fósforo e o silício se tornou incapaz de deslocá-lo e ocupar o seu sítio de adsorção.

Como podemos observar na Tabela 4, a dose de 400 mg.kg⁻¹ de silício aplicada aos solos não diferiu dos tratamentos sem silício, comprovando que a fonte utilizada não disponibilizou silício para os solos, devido a sua baixa solubilidade.

TABELA 4. Teores de Si em CaCl_2 $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ nas testemunhas dos solos estudados com e sem aplicação de Ácido Monossílicico (H_4SiO_4).

Solos	DOSE	DOSE
	Si (0 mg kg^{-1})	Si (400 mg kg^{-1}) 1)
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}
Latossolo Vermelho Distroférrico típico	9	9
Nitossolo Vermelho Eutroférrico chernossólico	30	30
Latossolo Vermelho Distrófico típico A	4	4
Latossolo Vermelho Distrófico típico B	6	7
Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico A	4	4
Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico B	5	5
Latossolo Vermelho Distrófico típico A	2	2
Latossolo Vermelho Distrófico típico B	5	5
Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico A	3	2
Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico B	4	4
Alissolo Crômico típico	28	26
Argissolo Vermelho - Amarelo Eutrófico típico	8	8
Neossolo Quartzarênico Órtico típico	1	1
MÉDIA	8,4	8,2

*Valores referentes às médias de três repetições.

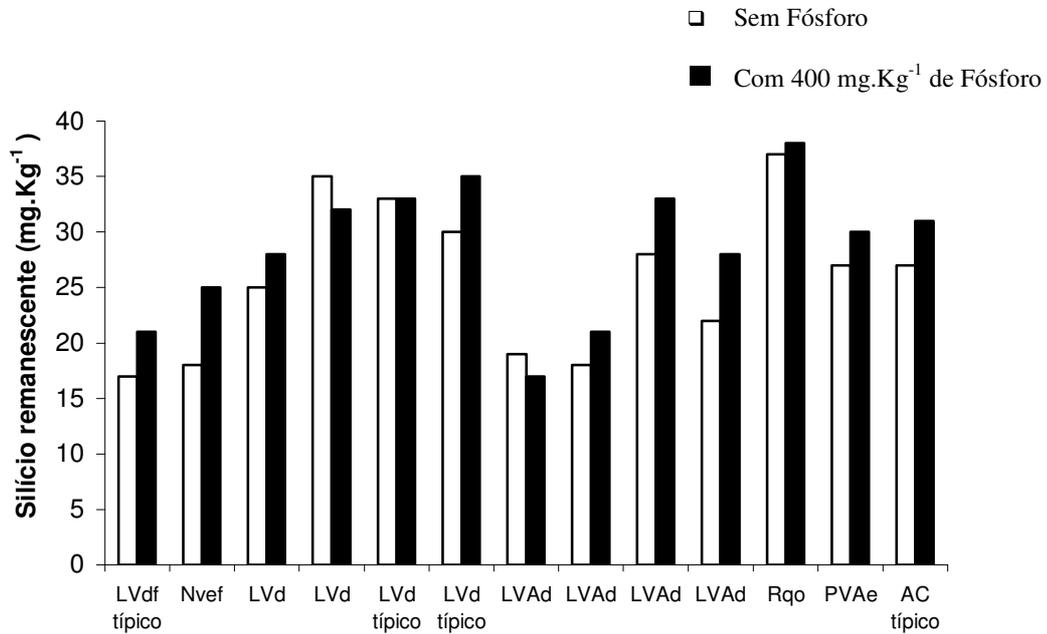


FIGURA 2. Silício remanescente em solos do Triângulo Mineiro incubados com adubos fosfatados.

Ao analisar a Figura 2, observa-se que a adsorção de silício foi semelhante para todos os solos, em função dos diferentes teores de argila dos solos estudados, a capacidade de fixação de silício entre eles, deveria ter apresentado uma maior variação. Tal fato indica que a textura pode não ter sido um fator determinante na adsorção de silício como foi observado para o fósforo.

A faixa de silício remanescente também se distingue bastante quando comparado ao comportamento do fósforo. Os solos LVdf t e Nvef foram os que mais fixaram silício, tendo quantidades de silício remanescente em torno de 16 mg.L⁻¹ (Figura 2). Prova de que a textura não foi o fator determinante na adsorção, solos como LVdt, ACt e LVdt tiveram valores de silício remanescente entre 30 e 35 mg dm⁻³.

Ainda no mesmo gráfico, nota-se uma diferença entre os tratamentos que receberam fósforo para aqueles onde não houve aplicação. Nos tratamentos onde foi aplicado fósforo houve menor adsorção de silício, mostrando que provavelmente o fósforo não foi deslocado, mantendo-se adsorvido. Tal fato contradiz diversos trabalhos (Volkweiss & Raij, 1977; Rothbuhr & Scott, 1957; Pluncknett, 1972) que relatam provável competição, onde o silício seria capaz de deslocar fósforo para a solução do solo.

Solos ácidos apresentam baixa disponibilidade de fósforo na solução, como consequência disso, os solos da região do cerrado apresentam alta capacidade de adsorção de fósforo. Assim, como a calagem é capaz de melhorar a fertilidade de solos ácidos, neutralizando alumínio tóxico, elevando o pH e saturação de bases, e principalmente diminuindo a fixação de íons fosfato, esta torna-se indispensável, principalmente na região do cerrado.

Analisando os gráficos referentes a fósforo em resina (Figura 3), observa-se um aumento de fósforo em função do pH para os diferentes tipos de solo. O mesmo comportamento foi observado por Smyth & Sanchez, (1980). A interação entre o calcário e o fósforo, na qual o aumento de um dos insumos provoca melhor eficiência de utilização do outro pelas plantas é conhecida (Freitas, 1999). Isto ocorre, porque o calcário aplicado no solo, além de inativar parte do Al^{+3} trocável devido ao aumento de pH, proporciona diminuição na retenção de fósforo, aumentando sua disponibilidade em solução (Nolla, 2003).

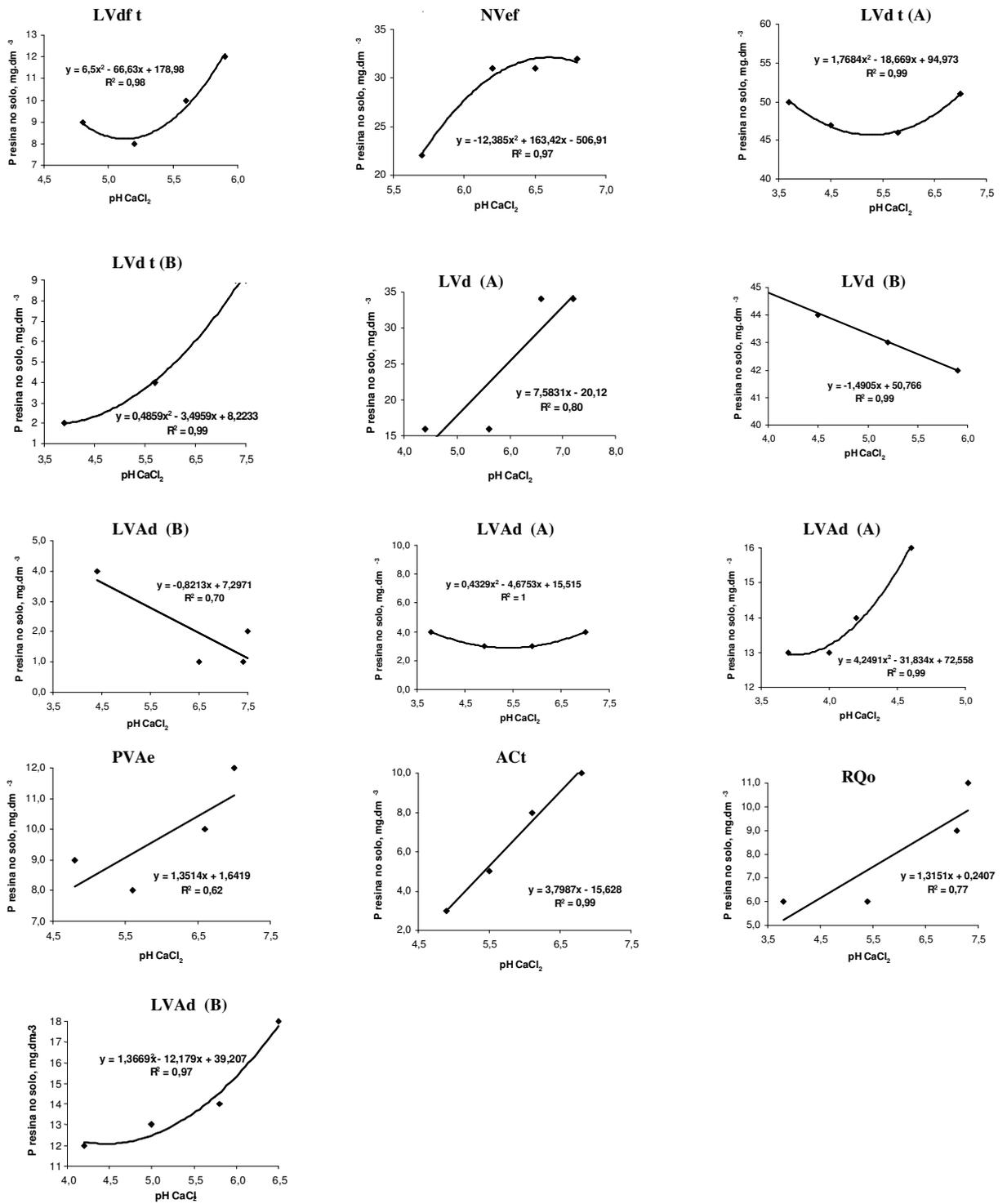


FIGURA 3. Fósforo determinado por resina submetido a diferentes condições de acidez nos solos estudados.

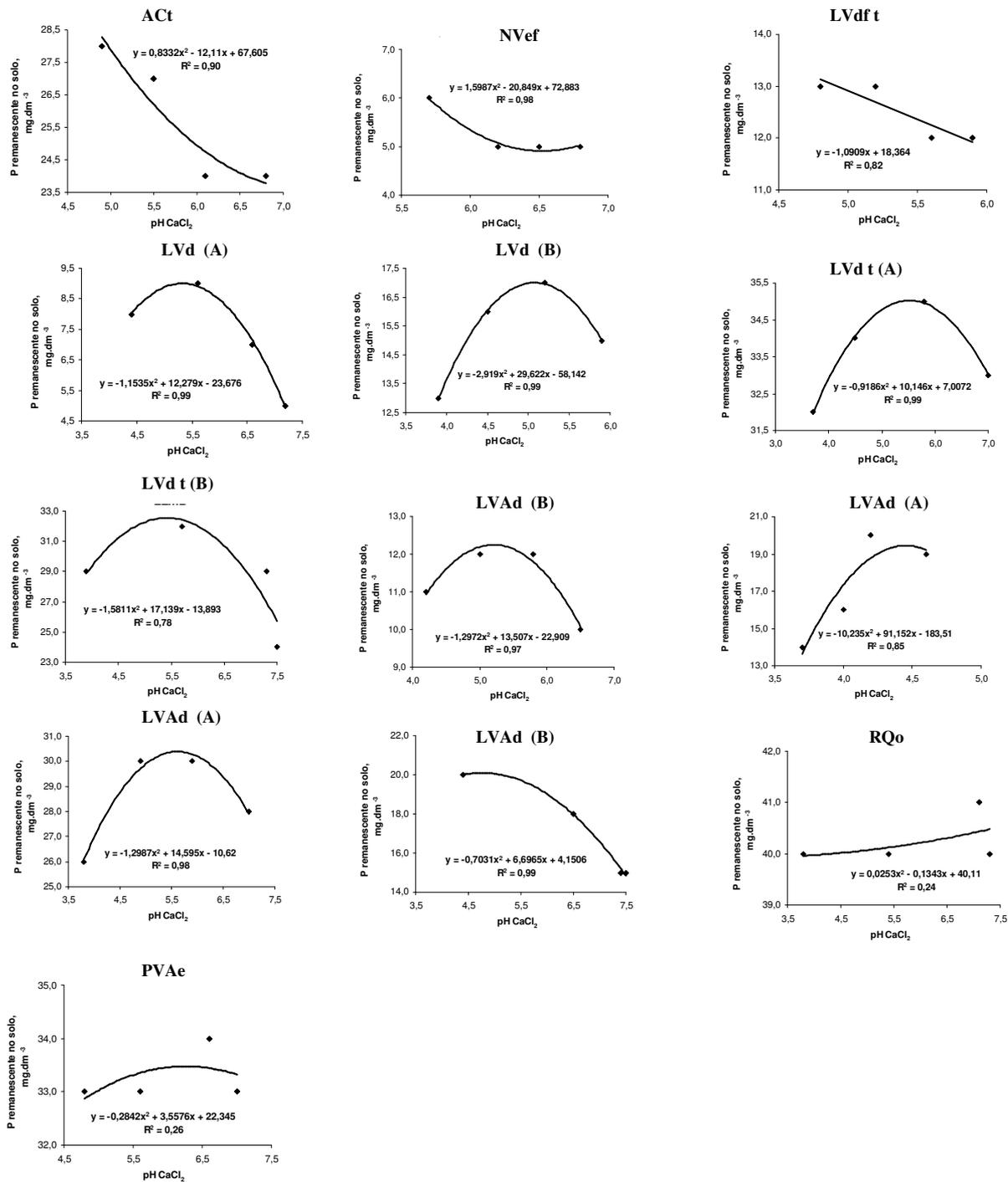


FIGURA 4. Fósforo remanescente submetido a diferentes condições de acidez nos solos estudados.

Na Figura 4, observa-se que a quantidade do fósforo em solução mostrou-se maior em pH entre (de 4,0 a 5,5), e com o aumento das doses de calcário, a disponibilidade diminui. Na faixa de pH entre 4,5 e 5,5 a disponibilidade de fósforo foi maior. Com pH abaixo de 4,5 o fósforo provavelmente deve estar complexado com alumínio ficando menos solúvel. Acima de 5,5 esse fósforo pode estar se complexando com o Ca do calcário, ficando menos disponível.

A faixa ideal para maior disponibilidade de fósforo, com menor fixação, encontra-se próximo a neutralidade.

5 – CONCLUSÕES

- A aplicação do ácido monossilícico não foi eficiente na redução na adsorção de fósforo.
- A aplicação de fósforo aumentou a disponibilidade de silício no solo.
- A adsorção de silício é menos intensa que a adsorção de fósforo para os solos estudados.
- A aplicação de ácido monossilícico não foi capaz de aumentar o Si disponível no solo.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALY, M.Y. Effect of phosphorus, silicon and zinc applications on the yield and mineral compositions of sugarcane. Honolulu, 1966. 133p. Dissertação (M.S.) - University of Hawaii.

ALVAREZ V., V. H; FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v.14, p. 49-55,1990.

AYRES, A.S. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low-silicon soils. *Soil Science*, v.101, n.3, p.216-227, 1966.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; PRABHU, A.S.; DATNOFF, L.E.; KORNDÖRFER, G.H. Importância do silício para a cultura do arroz. *Informações Agronômicas*, n.89, p.1-7, 2000. (Encarte Técnico).

BIRCH, H.F. Phosphate response, base saturation and silica relationship in acids soils. **Journal of Agricultural Science**, v.43, p.229-235, 1953.

BRASIL DECRETO Nº 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Normas jurídicas (Texto Integral) – DEC 004954, 14 jan., 2004, 27 p.

CAMARGO, O.A.de; RAIJ, B. van; GROHMANN, F. Influência de cátions trocáveis e pH na fixação do fósforo e solos. **Ciência e Cultura**, v.28, n.6, p.678-681, 1976.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Determinação da matéria orgânica. In RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. D; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. cap. 9, p. 173 – 180.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

ENGEL, W. Contribution to the function of silica in plant tissues. **Naturwissenschaften**, v.45, p.316-317, 1958.

FASSBENDER, H.W.; MOLINA, R. Influência de enmiendas calcáreas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas em Costa Rica. In: **Panel sobre Suelos derivados de cenizas volcánicas de America Latina**. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. p.C-2-C.2.12.

FOY, C.D. Soil chemical factors limiting plant root growth. **Advances in Soil Science**, v.19, p.97, 149, 1992.

FREITAS, L.C. (Faculdade de Medicina Veterinaria e Agronomia "Prof. Antonio Ruete" de Jaboticabal, SP (Brazil)); Gloria, N.A. da **Determinacao colorimetrica do silicio em solo, 2: Aplicacao do metodo do silico - Molibdato amarelo e do azul de molibdenio na determinacao da silica total e soluvel em solos** v. 33 p. 15-33

GEE, G. W. & BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis. Parte 1: Physical and mineralogical methods**. Madison, Soil Science Society of America, 1986. p.383 – 412.

HINGSTON, F.J.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. Anion adsorption by goetite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science**, v.23, n.2, p.177-192, 1972.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis – advanced course**. Madison, Prentice-Hall, 1979. 895p.

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 Ciência do Solo**, v.23, n.101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizantes. GPSi/ICIAG/UFU. **Boletim Técnico** 2, 2004, 34p.

LIMA FILHO, O.F. de; LIMA, M.T.G. de; TSAI, S.M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, n.87, p.1-7, 1999 (encarte técnico).

MATICHENKOV, V.V.; AMMOSSOVA, Y.A.M.; BOCHARNIKOVA, E.A. The method for determining of plant available silica in soil. **Agrochemistry**, n.1, p.76-84, 1997.

MC KEAGUE, J.A.; CLINE, M.G. Silica in soils. **Advances in Agronomy**, v. 15, 339-397, 1963.

MEDINA-GONZALES, O. A.; FOX, R.L.; BOSSHART, R. P. **Solubility and availability to sugarcane (*Saccharum* spp.) of two silicate materials**. Fertilizer Research, Dordrecht, v.16, n. 1, p.3-13, Apr., 1988.

MELO, V.F.; CORRÊA, G.F.; RIBEIRO, A.N.; MASCHIO, P.A.; LIMA, V.C. **Importância das espécies minerais no K total da fração argila de solos do Triângulo Mineiro**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.5, 2003 (prelo).

NOLLA, A. **Critérios para a calagem no sistema plantio direto**. 2003. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 168p. (Tese Doutorado).

PLUNCKNETT, D.L. The use soluble silicate in Hawaiian agriculture. **University of Queensland Papers**, v.1,n.6, p. 203-233,1972.

RAIJ, B. van; CAMARGO, O.A. Silica solúvel em solos. **Bragantia**, v.32, n.11, p.223-236, 1972.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed) **Análise química para avaliação da fertilidade dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. cap. 11, p. 189 – 199.

ROTHBUHR, L.; SCOTT, F. A study of the uptake of silicon and phosphorus by wheat plants with radio chemical methods. **Biochemie Journal**, v.65, p.641-645,1957

SANCHEZ, P.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. IN: KHASAWNECH, F.E. ; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. **The role of phosphorus in agriculture**. Madison, 1980. p.471-514.

SCARSETH, G.D. The mechanism of phosphate retention by natural alumino silicate colloids. **Journal American Society**, v.27, p.596-616, 1965.

SMYTH, T.J.; SANCHEZ, P.A., 1980. **Effects of Lime, Silicate, and Phosphorus Applications to Oxisol on Phosphorus Sorption and Ion Retention**. Soil Science Society of American Journal. Madison, 44 (3): 500 – 505.

VERDADE, F.C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.41, p.885-905, 1961.

VOLKWEISS,S.;RAIJ, B.van Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: **Simpósio Sobre Cerrado, Bases Para Utilização Agropecuária**, 4.,Brasília, 1976. São Paulo: EDUSP, 1977. p.317-332.