

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

SILÍCIO NA FORMAÇÃO DA LAVOLURA CAFEEIRA

ANTÔNIO ANDRÉ BOTELHO

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 – 2002

SILÍCIO NA FORMAÇÃO DA LAVOLURA CAFEIRA

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 18/03/02.

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
(Orientador)

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

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG
Março - 2002

AGRADECIMENTOS

Agradeço às minhas mães: Joaquina Cândida Pinheiro, Mariana Cândida Pinheiro e Maria Conceição Pinheiro, porque sem elas não seria possível que eu concluísse o curso de graduação em Agronomia.

Agradeço ao meu primo, irmão e colega de turma Juliano Eustáquio Pinheiro que me incentivou a prestar o vestibular e foi o amigo com quem pude contar durante os cinco anos de graduação.

Agradeço ao meu orientador Gaspar Henrique Korndörfer e aos conselheiros Gilberto Fernandes Corrêa e Hamilton Seron Pereira que me auxiliaram no desenvolvimento do presente trabalho.

Agradeço ao Professor Benjamim de Melo e ao Engenheiro Agrônomo Inácio Barbosa Borges pela participação na instalação e condução do experimento.

Agradeço à Professora Denise Garcia de Santana que coordenou as análises estatísticas dos resultados do experimento.

Agradeço ao meu pai, minha irmã e minha namorada que me apoiaram até aqui.

Agradeço aos meus amigos do curso graduação em Agronomia: Aldair José Ribeiro, Marildo Fernandes da Silva, Luciano de Paulo Tavares, Sebastião Carlos dos Santos, Alberto de Lima e Silva e ao demais colegas de classe.

ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO.....	06
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	08
3- MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1- Local, solo do experimento e cultivar.....	25
3.2- Tratamento e delineamento experimental.....	26
3.3- Croqui da área.....	26
3.4- Adubação química.....	27
3.5- Amostragem de solo e folha.....	27
3.6- Avaliação de doenças e desempenho das plantas.....	27
3.7- Análise do silício nas folhas.....	28
3.8- Análise do silício no solo.....	29
3.9- Análise do pH em CaCl_2	29
3.10- Análise do cálcio trocável.....	30
3.11- Análise foliar do cálcio.....	30
3.12- Análise do fósforo disponível.....	31
3.13- Análise estatística.....	31
4-RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1- O Silício no solo.....	32
4.2- pH do solo	33
4.3- Cálcio trocável.....	34

4.4- Fósforo disponível.....	36
4.5- Silício foliar.....	37
4.6- Cálcio foliar.....	38
4.7- Desempenho das plantas e incidência de doenças de pragas	39
5-CONCLUSÕES.....	41
6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
APÊNDICE.....	51

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do silício (Si) no controle de doenças e pragas do cafeeiro; seus reflexos no desenvolvimento vegetativo das plantas e nas características químicas do solo. O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho Distrófico Típico textura argilosa. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 6 repetições. Foi utilizado como fonte de Si o silicato de cálcio em cinco doses (0, 500, 1000, 2000 e 4000 kg ha⁻¹). A cultivar de cafeeiro utilizada foi o Catuaí 99. Observou-se que a aplicação do silicato de cálcio não aumentou significativamente os teores de Si, cálcio e fósforo disponíveis do solo. Entretanto observou-se diferença estatística significativa na correção da acidez do solo e na acumulação de cálcio pelas folhas do cafeeiro. O silicato de cálcio aplicado não diminuiu a incidência de doenças, nem afetou o desempenho vegetativo das plantas.

1- INTRODUÇÃO

Segundo a Secretaria Nacional de Produção e Comercialização, o parque cafeeiro brasileiro, no ano de 2000, foi avaliado em 1,98 milhões de ha em produção e 0,48 milhões de ha em renovação, com uma previsão de safra para o ano de 2001 de aproximadamente 26,7 milhões de sacas de café beneficiadas. Atualmente, Minas Gerais responde por aproximadamente 50 % da produção nacional de café.

Segundo Matiello (1991) a gravidade do ataque de doenças e pragas do cafeeiro está intimamente ligada às condições ambientais, dentre as quais inclui o mal estado nutricional das plantas cultivadas em solos de baixa fertilidade natural. Segundo Arantes (1997) os solos de cerrados são extremamente intemperizados e possuem baixo Si disponível. Geralmente as doenças e pragas são manejadas com o uso de fungicidas e inseticidas e, recentemente, com o uso de cultivares resistentes. Aqueles agentes químicos também são vistos como produtos de enorme potencial de agressão ao meio ambiente, particularmente, ao solo e à água, e também são acusados de serem cancerígenos. Além disto, são considerados produtos de alta tecnologia e por isso aumentam o custo final de produção. As desfolhas sucessivas causadas por problemas climáticos e fitossanitários provocam a seca de ramos e, com isso, pode reduzir a vida útil da lavoura. Almeida (1987) mostra em anos que não se faz o controle de pragas e doenças a desfolha pode ser superior a 50 %,

acarretando perdas elevadas na produtividade do ano seguinte. Conseqüentemente, outros produtos mais sustentáveis e menos poluentes, como o uso de escórias siderúrgicas poderão se constituir em alternativas importantes para o manejo das doenças e pragas.

Atualmente o Brasil é o segundo maior exportador de ferro gusa do mundo. Conseqüentemente, há uma geração de grandes volumes de resíduos siderúrgicos. A presença destes resíduos próximos aos grandes centros urbanos contamina o lençol freático, os mananciais de água e o próprio solo, além de exigir extensas áreas para o seu armazenamento. Esses resíduos são ricos em Si e poderiam ser utilizados na adubação do cafeeiro, seja como corretivos de acidez do solo, seja como fonte de Si. As escórias possuem componentes neutralizantes que são constituídas principalmente de silicatos de Ca e Mg, comportando-se de forma semelhante aos calcários e, apresentam ainda, elevados teores de micronutrientes, justificando sua utilização como fertilizante.

A pesquisa agronômica busca amenizar os custos de produção e a interação mais racional da cultura com o meio ambiente, usando, para tanto, produtos menos poluentes e de baixo custo para o agricultor. Nesse sentido, o uso de Si poderá se constituir numa alternativa importante para o manejo das doenças e pragas, com reflexos importantes para o aumento da produtividade do café. Acredita-se que a adubação com Si no café, além de diminuir a incidência de doenças pode também reduzir o ataque de pragas diminuindo assim o uso de pesticidas.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o silicato de cálcio quanto ao potencial de fornecimento nutrientes, seus efeitos no solo e na planta.

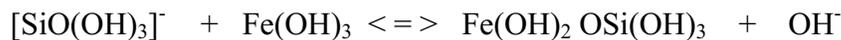
2- REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, citado por Raij e Camargo (1973), o Si é segundo elemento mais abundante, em peso, na crosta terrestre e componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos. Ocorre em altos teores em solos, principalmente, na forma de silicatos, e no quartzo (RAIJ, 1991).

Do ponto de vista agronômico, as principais formas de Si presentes no solo são: Si solúvel (H_4SiO_4 - ácido monossilícico) que desprovido de carga elétrica tem interessantes conseqüências no comportamento da sílica com relação aos vegetais (RAIJ; CAMARGO, 1973); Si adsorvido ou precipitado com óxidos de Ferro e Alumínio e os minerais silicatados (cristalinos ou amorfos). 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 sexquióxidos.

A concentração de Si na solução do solo (H_4SiO_4) pode variar de 0,1 à 0,6 mM

segundo Drees *et al.* (1989); Epstein (1994). O equilíbrio químico do Si no solo depende principalmente do pH como mostra a equação abaixo:



Os principais solos do Cerrado apresentam alto grau de intemperismo, com alto potencial de lixiviação, baixa saturação de bases, baixos teores de Si trocável e baixa relação (Ki) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e (Kr) Sílica/Sesquióxidos de Fe e Al apresentando portanto, baixa capacidade de fornecimento de Si disponível para as plantas (BRADY, 1992; SILVA, 1973; SOILS AND RICE, 1978). Estes solos apresentam como características marcantes a baixa fertilidade natural e alta acidez, além de possuírem elevados teores de sesquióxidos de Fe e Al que contribuem para a alta capacidade de adsorção de fósforo que poderá ser reduzida com a adubação silicatada, se for comprovado seus efeitos benéficos na diminuição da adsorção do fósforo.

Teores de Si aumenta com a inundação do solo como mostra Ponamperuma, (1965) de 24 para 41 mg dm^{-3} após inundação do solo a $\text{pH}=4,8$ e porcentagem de M.O. de 4,4 % em um período de 50 dias. Isto se deve ao aumento da disponibilidade de Si devido à liberação deste de complexos ligados a Fe em condições ou ambiente de redução. Solos ricos em óxidos de Fe e Al, como os solos intemperizados das regiões de clima tropical apresentam quantidade de Si presente nestes solos 5 a 10 vezes menor que nos solos das regiões temperadas devido à ausência de minerais primários já intemperizados (MCKEAGUE; CLINE, 1963; JUO; SANCHEZ, 1986; FOY, 1992).

De acordo com Silva (1973) e Elawad e Green (1979) o Si geralmente, não é considerado entre o grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas. No entanto, o crescimento e a produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, aveia, trigo, milho, grama kikuya, grama bermuda, etc) e algumas espécies não gramíneas (alfafa, feijão, tomate, alface e repolho) tem mostrado aumentos de produtividade com o aumento da disponibilidade de Si no solo para as plantas. Mesmo sabendo que o Si é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre e que a maioria dos solos contém consideráveis quantidades, cultivos consecutivos podem diminuir o nível deste elemento até o ponto que a adubação seja necessária para obtenção de máximas produções (ARANTES, 1997).

A absorção de Si da solução do solo dá-se de forma passiva, com o elemento acompanhando o fluxo de massa da água que penetra nas raízes das plantas. O Si é absorvido pela planta como ácido monossilícico, H_4SiO_4 (JONES; HANDRECK, 1967).

Acompanhando a absorção da água, o Si penetra na planta na forma de ácido monossilícico (YOSHIDA, 1975; TAKAHASHI, 1978). No interior da planta, 99 % do total acumulado encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado, o qual é de difícil solubilização, o restante, menos de 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica (YOSHIDA, 1975). Frey-Wyssling, citado por Jones e Handreck (1967), sugere que a sílica é absorvida pelas gramíneas através do fluxo de massa por processo não seletivo. A sílica adsorvida acumula-se nas células epidérmicas.

O Si ao ser absorvido pelas plantas é facilmente translocado no xilema, e tem tendência natural a polimerizar (BARBER; SHONE, 1966). Mais de 94 % do Si absorvido

pelo trigo foi transportado rapidamente à parte aérea concentrando-se nas folhas mais velhas, as quais continham até 11,8% de Si. Em plantas de pepino, ao cortar o suprimento de Si na solução, as folhas superiores apresentaram concentração de Si marcadamente menor que as inferiores, indicando baixa translocação desse elemento, segundo esses autores. Outro exemplo da baixa mobilidade do Si já polimerizado no interior do tecido também foi observado em plantas de pepino previamente cultivadas em meio suplementado com Si, e posteriormente transferidas a meio deficiente nesse elemento. Essas plantas mantiveram o Si residual na base dos tricomas foliares, mas falharam em desenvolver a silicificação do tecido injuriado em volta de um patógeno invasor (*Sphaerotheca fuliginea*) o que não permitiu à planta resistir à doença.

Na planta, a sílica concentra nos tecidos suportes do caule e das folhas. Pode ser encontrada em pequenas quantidades nos grãos. O conteúdo médio de sílica das raízes é um décimo da concentração do caule. No arroz, a sílica é dita ser acumulada nas células da epiderme e nas paredes das células, além disso, como na transpiração dos órgãos sob a forma de sílica coloidal. Testes conduzidos com sílica radioativa (Si^{31}) tem mostrado que a sílica é translocada no caule poucas horas após ter sido absorvida pelas raízes. A translocação da sílica é dita ser regulada pela taxa de transpiração. A acumulação de sílica nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, a qual pela redução da transpiração faz com que a exigência à água pelas plantas seja menor. Isso pode ser de extrema importância em se tratando de solos do Cerrado onde o período de estiagem é longo e severo.

Embora não seja essencial do ponto de vista fisiológico, sintomas de deficiência, tais como: folhas amareladas, amarronzadas e/ou necróticas; pouco número de perfilhos; crescimento reduzido; ponta das folhas secas e panículas pequenas ou estéreis, tem sido observados em arrozais e associados à deficiência de Si (BERGMANN, 1992; SAVANT, 1997).

O Si interage positivamente com o nitrogênio, fósforo e o potássio aplicações de doses adequadas de nitrogênio na presença de Si aumentou a produção, a qual decresceu quando doses excessivas de nitrogênio foram usadas (HO *et al.*, 1980). O nitrogênio faz com que as folhas fiquem flácidas, enquanto que com o Si tornam-as mais eretas, aumentando a taxa fotossintética e conseqüentemente a produção de grãos (YOSHIDA, 1981). Desta forma, nas condições tropicais, onde os plantios adensados causam o excessivo crescimento vegetativo do arroz e uma diminuição na produção, um suprimento adequado de Si poderia modificar a posição das folhas e aumentandar a taxa fotossintética da planta (KANG, 1985). De acordo com Agarie *et al* (1992) a maior atividade fotossintética proporcionada pelo Si pode ser uma das razões para o aumento da matéria seca. Os mesmos autores também observaram um melhor aproveitamento da água do solo provavelmente devido a redução na evapotranspiração. A capacidade de fotossíntese da planta pode ser aumentada devido a um melhor arranjo das folhas (folhas mais eretas) proporcionado pela maior absorção do Si.

Na Índia, em condições tropicais sub-úmidas, doze cultivares de arroz removeram em média de 205 a 611 kg de Si ha⁻¹ para produzirem de 4,6 a 8,4 ton ha⁻¹ de arroz, comprovando a alta exigência em Si pelo arroz (NAYAR *et al.*, 1982).

No Brasil, os Cerrados ocupam uma área heterogênea e não contínua de cerca 200 milhões de hectares, ou seja, 23 % do território nacional; estendendo-se principalmente pela região Centro Oeste, Nordeste e Sudeste (EMBRAPA, 1978). Estimou-se que 15 milhões de pessoas habitam essa região, a qual experimenta um intenso processo de urbanização (GOEDERT, 1989). Os Cerrados ocorrem, geralmente, em áreas de relevo plano ou suave ondulado, com boas possibilidades para o emprego de práticas agrícolas mecanizadas. Essa característica, associada com a profundidade e boas propriedades físicas da maioria dos solos que cobrem a região, tem sido um dos componentes mais importantes na expansão da fronteira agrícola brasileira nos últimos anos, fazendo com que o conceito antigo de potencial desta área para produções agrícolas tenha se tornado em realidade incontestável (LOPES, 1984).

O clima desta região é bastante heterogêneo, sendo a maior parte classificada como clima Aw - quente e úmido, com uma longa estação seca. Mesmo durante o período chuvoso, poderá ocorrer deficiências hídricas denominadas de "veranicos", que, geralmente, estão associados à alta radiação solar e ao alto potencial de evapotranspiração segundo Wolf (1975) citado por Lopes (1984). Esses "veranicos" podem causar sérios danos às culturas anuais, como o arroz de sequeiro, e bi-anuais mais sensíveis e se constituem, certamente, na mais severa limitação para a agricultura sem irrigação nestes solos (LOPES, 1984).

As principais classes de solos que ocorrem nas regiões do "Cerrados" são os Latossolos, ocupando cerca de 56 % e do total 26,2 % corresponde ao Latossolo Vermelho Amarelo (LV); cerca 20 % correspondem a Areias Quartzosas (AQ), perfazendo

junto com o LV quase 50 % do total. O restante corresponde a Lateritas Hidromórficas, Litossolos e Podzólicos (LOPES, 1984; EMBRAPA, 1981).

Trabalho realizado por Campos e Labouriau (1969) mostra a distribuição dos corpos silicosos, em gramíneas do cerrado. Levantamentos preliminares desenvolvidos por Korndörfer *et al* (1999) indicam que muitas das espécies no cerrado acumulam grandes quantidades de Si, tais como: *Bauhinia sp* com 1,13 %, *Brosimum gaudumi* com 3,71 %, *Myrcia tomentosum* com 2,05 %, *Curatela americana* com 5,06 %, *Davila ellipitica* com 5,16 %, *Dimorphandra mollis* com 1,4 %, *Pseudo tomentosum* com 1,21 % e *Vernonia ferruginea* com 6,5 %.

A vegetação de cerrado é mais ou menos perenifólia. Durante a estação seca, determinadas árvores podem perder todas as suas folhas, dentro de um curto prazo de tempo. Porém, em sua maior parte, as espécies que se desfolham levam algum tempo para completarem este processo. Certas árvores perdem as folhas de modo mais completo e regular do que outras. Por conseguinte, existem algumas árvores semidecíduas no cerrado. Entretanto, no seu todo, a vegetação não é decídua. Na estação seca, as folhas apresentam-se menos verdes, envelhecidas e mais coriáceas. Durante a estação chuvosa, grande parte da folhagem se constitui de folhas mais novas e tenras, ostentando um verde mais claro e brilhante.

Warming (1892 e 1908) foi o primeiro a estudar a vegetação do cerrado da região meridional de Minas Gerais. Nesta época o problema que então se discutia era o porque da existência de cerrado e não de campo e floresta em área tão vasta e cujo clima não podia ser

considerado particularmente seco. Durante os 50 anos que surgiram, permaneceu a crença geral de que a vegetação do cerrado seria xerofítica, intimamente relacionada com a longa estiagem sazonal, na qual as queimadas são freqüentes.

Rawitscher e Ferri (1942) demonstraram que as características xeromórficas das plantas de cerrado nada tinham a ver com a conservação de água. Waibel (1948) e Alvim e Araújo (1952) mostraram que o cerrado se relacionava com os solos pobres em nutrientes. O alumínio é um elemento abundante em solos sob cerrado pois está relacionado diretamente com a mineralogia e ao baixo pH dos solos que ocupam estas áreas. Harward e Coleman (1954) e Lathwell e Peech (1964), sugerem que o alumínio seja o elemento dominante nos solos de pH abaixo de 5,5 e preferencialmente adsorvido pelas argilas nos seus pontos de troca (NYE, 1961). Com isso as condições sob as quais o alumínio torna-se tóxico variam muito com o pH, a constituição do solo, o clima e com as próprias plantas. Nos solos ácidos e profundamente intemperizados, o alumínio pode ser tóxico em concentrações bastante baixas. Clarkson (1965 e 1966) afirma que o íon Al, além de produzir deficiências nutricionais, também afeta diretamente a planta, acumulando-se antes nas raízes do que nas partes superiores das plantas mais sensíveis. Isso indica que o alumínio possui fundamental importância nos solos de cerrado.

Neste ponto, é de grande importância levantar a teoria do escleromorfismo do cerrado a qual diz que plantas de cerrado dispendo de luz, ar e água em abundância são capazes de fotossintetizar carboidratos e gorduras em excesso. Porém, em razão de sua deficiência mineral, têm maior dificuldade para produzir proteínas e, portanto, para crescer, devendo este fenômeno estar relacionado ao oligotrofismo (pobreza em nutrientes)

e à toxidez do alumínio no solo (ARENS, 1958).

Para Resende *et al.* (1999), o cerrado poderá ser, eventualmente, encontrado em solos ricos em nutrientes mas, neste caso, a deficiência hídrica terá que ser suficiente para afastar a competição com a floresta. Este fato, isto é, a presença de cerrados em solos praticamente sem alumínio sugere não ser este elemento responsável pelo aspecto escleromórfico das plantas de cerrado. A melhor distribuição de chuvas pode ocasionar a ocupação de áreas de cerrado pela floresta, mesmo não havendo rejuvenescimento do solo.

A influência do Si na resistência das plantas às doenças não têm sido ainda claramente explicada. Acredita-se que o Si possa diminuir a incidência de doenças, devido a sua acumulação abaixo da cutícula, oferecendo resistência mecânica. Segundo alguns autores, a resistência acontece simplesmente devido à acumulação de Si nas células da epiderme e na parede das células. Apesar disso, existem pesquisadores que acreditam que o Si, além do efeito puramente mecânico, também teria um papel de proteção sistêmica contra fungos.

As dificuldades na produção e qualidade do arroz na região dos "Cerrados" estão freqüentemente associadas a seca, baixa fertilidade do solo e doenças. As doenças do arroz são acentuadas nestas regiões onde a disponibilidade de Si é baixa (BARBOSA FILHO, 1987). Estas doenças são usualmente manejadas pelo uso de cultivares resistentes ou Fungicidas. No entanto, a resistência desenvolvida pelas plantas é facilmente quebrada. Os fungicidas são vistos como produtos de enorme potencial de agressão ao meio ambiente, particularmente, ao solo e a água, e também são acusados de serem cancerígenos. Assim sendo, outros produtos, mais sustentáveis e menos poluentes, como o uso de silicato poderá

se constituir em alternativas importantes para o manejo das doenças. A adubação com Si pode oferecer uma alternativa concreta já que tem demonstrado ser efetivo em muitas partes do mundo no controle ou redução da incidência de várias doenças importantes para o arroz. Uma aplicação de Si antes do plantio pode eliminar ou reduzir o número de aplicações com fungicidas durante seu ciclo, conforme pesquisas realizadas por Kim e Lee, 1982; Datnoff *et al.*, 1990; Datnoff *et al.*, 1992; Osuma-Canizales *et al.*, 1991; Correa-Victoria *et al.*, 1994).

Na África, aplicações de 18,7 g de Si m⁻² na forma de metasilicato de sódio em solo tropical intemperizado, dobrou a absorção de Si e reduziu significativamente a escaldadura das folhas, brusone e a descoloração dos grãos (WINSLOW, 1992). Na Colômbia, aplicação de silicato em um solo altamente intemperizado reduziu a severidade da escaldadura das folhas e de brusone de 26 e 53%, respectivamente, nas parcelas que não receberam silicato, para 15% quando o silicato foi aplicado (CORREA-VICTORIA *et al.*, 1994). Na Ásia, Kumbhar *et al.* (1995), demonstraram que a aplicação de cinza, oriunda das casca dos grãos, controlou a brusone nas folhas de plantas em sementeira. Nas condições tropicais do Brasil, Prabhu *et al.* (1996), observaram que com a aplicação de Wollastonita, a severidade média da mancha de grãos diminuiu de forma exponencial com o aumento das doses de SiO₂. A relação entre o peso dos grãos e a severidade das manchas diminuiu em média 17,5 %, resultando em um aumento de 20 % no peso dos grãos com a aplicação de 200 kg de SiO₂. Segundo eles, somente os teores de Si na casca de arroz não explicaram as diferenças entre as cultivares de arroz quanto aos graus de suscetibilidade à mancha de grãos.

O efeito do Si em hortaliças é pouco conhecido. Investigações recentes mostram que plantas de pepino em solução nutritiva com 100 ppm de SiO₂ tiveram uma redução na área foliar coberta por colônias de míldio pulverulento (BÉLANGER *et al.*, 1995). Redução na severidade de míldio pulverulento também foi observado em plantas de abóbora e melância devido à aplicação de Si (BÉLANGER *et al.*, 1995). Miyake e Takahashi citados por Bélanger *et al.* (1995) observaram uma redução na incidência de murcha de fusário quando as plantas de pepino receberam Si. Chérif e Bélanger (1992), ao adicionarem Si na solução nutritiva, na forma de silicato de potássio, houve uma redução na mortalidade de plantas de pepino causada por *Pythium ultimum*.

O Si tem reduzido a severidade ou a incidência de muitas doenças fúngicas em arroz, como a brusone, a escaldadura das folhas, a mancha parda e a descoloração dos grãos (WINSLOW, 1992; DATNOFF *et al.*, 1991, 1992; CORREA-VICTORIA *et al.*, 1994).

Mathai *et al.* (1977), trabalhando com a aplicação 250 e 500 kg ha⁻¹ de Si, observaram efeito significativo na diminuição de doenças do arroz, 75 dias após a semeadura. Também foi observado uma correlação positiva entre a quantidade de Si aplicado e o teor de Si na planta.

Pesquisas mais recentes, realizadas com a cultura do arroz em solos orgânicos (Histosols) no sul da Flórida, demonstraram que a adubação com Si reduziu a incidência de brusone em 17 a 31% e helmintosporiose de 15-32% em relação ao tratamento testemunha (DATNOFF *et al.*, 1990). Esses mesmos autores também observaram que nos solos com muito baixa disponibilidade de Si houve uma redução de 73 e 86% na incidência de brusone e mancha parda, respectivamente, no ano de 1987, e um aumento de 56% na

produtividade, com a aplicação de silicato de cálcio. Já no ano de 1988 a redução na incidência das doenças acima citadas foi de 58 e 75%, respectivamente e o aumento de produtividade de 88 % (DATNOFF *et al.*, 1991). Seebold *et al.* (1995), também observaram que o número de pulverizações com fungicidas foram reduzidas com aplicação de silicato em solos com baixa disponibilidade de Si. Portanto, solos orgânicos e oxissols, constituem uma condição particular para conduzir estudos básicos sobre nutrição de Si e, principalmente, sobre a relação desse elemento com a presença de doenças.

A incidência de doenças é menor quando o teor de Si no tecido da planta é maior (DATNOFF *et al.*, 1990; DATNOFF *et al.*, 1991; OSUNA-CANIZALES *et al.*, 1991). O efeito do Si sobre as doenças do arroz é ainda mais marcante quando o mesmo é adubado com doses elevadas de nitrogênio. A adubação nitrogenada deixa o arroz mais sensível às doenças e particularmente ao ataque da *Pyricularia oryzae* (bruzone). Segundo Nogushi e Sugawara (1966) ainda, a deficiência de potássio reduziu o acúmulo de Si nas células da epiderme das folhas e aumentou a suscetibilidade das plantas a brusone.

Alguns insetos-pragas de importância econômica como a broca do colmo da cana e algumas espécies de ácaros tem sido controlados com o uso do Si (TANAKA; PARK, 1966; SAVANT *et al.*, 1994).

O metassilicato de sódio, a escória de alto forno (20,2 % SiO₂) e a casca do arroz (14,5 % SiO₂), na dose de 1 t SiO₂ ha⁻¹, foram empregadas visando reduzir a população de *Stenchaetothrips biformis*, *Orseolia oryzae* e *Cnaphalocrocis medinalis* no campo. Todas as formas de Si (fontes) tiveram efeito sobre a redução da população de trips, *O. oryzae* e

C. medinalis. A casca de arroz foi, no entanto, a fonte que teve melhor efeito sobre a *C. medinalis* (SUBRAMANIAN & GOPALASWAMY, 1988).

Alguns autores como Horigushi, (1988); Okuda e Takahashi, (1964); Jones e Handreck, (1967); Lian, (1976); Ma e Takahashi, (1990); Ma e Takahashi, (1991), têm sugerido que o fornecimento de Si às plantas alivia a toxidez de manganês (Mn) e do ferro (Fe), não somente porque reduz a absorção desses elementos, mas também porque aumenta o nível de tolerância interna ao excesso de Mn nos tecidos. Cientistas japoneses explicam que devido a alta capacidade de oxidação da sílica, o Fe e o Mn tóxicos diminuem a sua disponibilidade no solo. Trabalhando com Si em solução nutritiva, Galvez *et al.* (1987) verificaram redução das relações parte aérea/raiz nas plantas cultivadas em níveis tóxicos de alumínio (Al) e manganês (Mn).

A adição de termofosfato (fertilizante fosfatado) ao solo como fonte de Si mostrou-se bastante satisfatória para a cultura do arroz (FREIRE *et al.*, 1985). Esse resultado, em grande parte foi atribuído ao Si porque este aumenta o poder oxidante das raízes de arroz, Favorecendo a oxidação e deposição (precipitação) do Fe na superfície das raízes, diminuindo assim a sua absorção pela planta e efeito tóxico. Segundo Okuda e Takahashi (1964) o Si aumenta o suprimento de oxigênio para as raízes e seu poder de oxidação, na proporção que é absorvido pela planta. Além disso, segundo os autores acima citados plantas desenvolvidas em solução nutritiva contendo Si produziram mais matéria verde, aumentaram a relação P/Fe e P/Mn e promove a translocação do fósforo absorvido para a parte aérea e panículas.

Considerando que o Si seja absorvido na forma aniônica por algumas gramíneas, equivalentes quantidades de hidroxilas devem ser expelidas a partir da superfície radicular para que seja mantido o balanço de cargas, as quais podem aumentar o pH da rizosfera e reduzir a absorção de alumínio e ferro (WALLACE, 1993).

Trabalhando com a adição de Si em solução nutritiva, Galvez *et al.* (1987), verificaram redução das relações parte aérea/raiz nas plantas cultivadas em níveis tóxicos de alumínio (Al) e Mn. O efeito tóxico do Al ($0,296 \text{ mmol L}^{-1}$) em solução a pH 4,0 foi bastante reduzido com a adição de Si ($1,068 \text{ mmol L}^{-1}$ ou $3,560 \text{ mmol L}^{-1}$). O Si também aumentou a produção da parte aérea do sorgo e aliviou os sintomas de toxidez de Mn. O Si na planta pode ajudar na redistribuição do Mn a nível do tecido vegetal, prevenindo assim a acumulação desse elemento. No Havaí, a relação $\text{Mn/SiO}_2 = 70$ é utilizada para indicar a necessidade ou não da aplicação de silicato.

Em condições de casa-de-vegetação, Verma e Minhas (1989) verificaram que a aplicação de 200 mg Si/kg de solo, na forma de $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, diminuiu a translocação do Fe das folhas e talos para os grãos.

Aplicações de Si no solo aumentou o conteúdo de P na planta devido a uma melhor disponibilidade deste elemento no solo e/ou pela mobilidade dele das raízes para o colmo (IRRI, 1966). FRIESEN *et al.* (1994), mostraram que aplicações de silicato de cálcio em solos de cerrado na Colômbia com baixos teores de Si, aumentou a resposta do arroz ao fósforo aplicado. A silificação da parede celular esta associada com a presença de potássio.

Os silicatos e outros ânions como citrato, bicarbonato, molibdato, selenito, etc., são capazes de coordenar-se com Fe e Al para formar compostos estáveis. Estes ânions devem,

em princípio, serem capazes de competir com os ânions fosfatos pelos sítios de adsorção no solo. Se com o aumento da concentração de OH^- na solução do solo, aumentamos a competição com o fosfato pelos sítios de adsorção. É provável também que a adsorção do Si pelo solo também provoque um deslocamento maior de fosfato para a solução. Roy *et al.* (1971) observaram que a adição de doses crescentes de silicato de cálcio em solos havaianos diminuiu a adsorção de P. Estes efeitos tanto poderiam ser devidos a uma competição de silicato pelos sítios de adsorção, como ao aumento do pH, ou ainda devido a ambos os fatores. Hingston *et al.* (1967) observaram na Austrália um decréscimo na adsorção de P em goethita devido à adição de Si, fato que atribuíram à capacidade desse elemento em aumentar a carga negativa da superfície ao ser adsorvido. Estes dados indicam que a aplicação do Si deve aumentar a disponibilidade do P para as plantas pelo aumento da solubilidade do P adsorvido e decréscimo da capacidade de adsorção de P pelos solos. Grande parte dos solos do Brasil são ácidos e possuem altos teores de sesquióxidos de Fe e Al. Isto lhes confere alta capacidade de adsorção de P. Se forem comprovados efeitos benéficos do Si na adsorção de P nestes solos, os silicatos poderão ser utilizados como meio de tornar a adubação fosfatada mais eficiente.

Anderson *et al.* (1992) citam que as escórias silicatadas apresentam baixa solubilidade em pH elevado, porém tem valor neutralizante em solos ácidos e que as escórias devem ser utilizadas como corretivo de acidez de longo prazo

No Japão, 25% da área cultivada com arroz recebe anualmente adubações com silicato de cálcio que variam de 0,5 a 1,0 t/ha, embora a quantidade recomendada seja de

1,5 a 2,0 t ha⁻¹. Uma boa colheita de arroz chega a extrair 1,5 t de SiO₂ ha⁻¹ (MALAVOLTA, 1978).

Os benefícios do Si variam de uma espécie vegetal para outra. Muitos estudos mostram que o Si tem efeito direto e indireto no crescimento do arroz (TAKAHASHI *et al.*, 1990). Em sementeiras, aplicações de silicato aumentou o número de folhas e o peso seco das plantas de arroz (LEE *et al.*, 1985). O Si também aumentou o número de espiguetas na panícula e favoreceu uma melhor formação da casca dos grãos, influenciando na qualidade destes (SEO; Ota, 1983; MIZUNO, 1987; LEE *et al.*, 1990). Ganhos significativos na produção de grãos também tem sido observado no Japão, Tailândia, Indonésia, China, Colômbia, Filipinas e na Florida (TAKAHASHI *et al.*, 1980; HO *et al.*, 1980; BURBEY *et al.*, 1988; IRRI, 1993; SUBRAMANIAN e GOPALSWAMY, 1990, GARRITY *et al.*, 1989; CORREA-VICTORIA *et al.*, 1994).

Anderson e Snyder (1990) obtiveram um aumento na produção de cana de 39 % e de 50 % na de açúcar com a aplicação de 20 t ha⁻¹ de escória silicatada aplicada no plantio. Uma avaliação feita dos três cortes consecutivos, indicou uma redução no declínio da produção de 28,8 % para cana e 29,2 % para o açúcar.

Gurgel, citado por Silva (1983), verificou aumento de 6% na produção de cana planta e de 16% na cana soca cultivada em latossolo roxo, com a adição de 3 toneladas de silicato de cálcio por hectare. Segundo Bair (1966), os solos carentes em Si resultam na disseminação mais rápida do mosaico, atraso na maturação e diminuição de sólidos solúveis no caldo da cana. Mas é na produção de colmos o principal efeito do Si. Segundo

Kidder e Gascho (1977) os aumentos de produtividade da cana-de-açúcar variam normalmente entre 10 e 35% com a aplicação de silicato no solo.

Casagrande *et al.* (1981) não observaram aumento na produção agrícola ou melhoria da qualidade tecnológica da cana planta e cana soca com adição de até 4 toneladas de (silicato de cálcio) em solo podzólico vermelho amarelo. Embora os autores não tenham concluído que o cimento afetou a produção de cana-de-açúcar, é possível observar uma tendência de aumento na produção com o aumento nas doses de cimento, especialmente na cana planta. É preciso também salientar que o solo escolhido (podzólico vermelho amarelo) apresenta muitos minerais ainda pouco intemperizados, tais como, argilo silicatos do tipo 2:1, isto é, ricos em Si. A presença desses argilo-silicatos pode ter determinado uma maior disponibilidade do Si no solo e, conseqüentemente, diminuir a resposta da cana-de-açúcar ao Si.

A maioria dos trabalhos com Si, no entanto, estão relacionados com o arroz. Em regiões tropicais úmidas, uma alta taxa de intemperismo tem resultado no desenvolvimento de solos ricos em óxidos de ferro e alumínio, mas pobres em bases e em Si (JUO; SANCHEZ, 1986). De acordo com estes mesmos autores, o teor de Si nos solos tropicais, como nos Latossolos por exemplo, é cerca de 5 a 10 vezes menor do que o teor de Si nos solos de regiões temperadas. Isto explica a baixa produtividade de arroz nos solos tropicais e subtropicais quando comparados com solos de clima temperado. Salienta-se que a produção intensiva de arroz nestes solos, principalmente com o uso de cultivares produtivas, poderá resultar num decréscimo no teor de Si ainda disponível (MIYAKE, 1993).

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Local, solo do experimento e cultivar

O experimento foi conduzido na fazenda experimental do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. O solo foi classificado como latossolo vermelho distrófico típico textura argilosa (EMBRAPA, 1999). A gleba onde se instalou o experimento foi previamente amostrada com trado de rosca, em três profundidade: 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Os resultados das análises químicas são descritos na Tabela 1. A cultivar utilizada foi H 2077-2-5-99 (Catuaí 99) entre 3-4 pares de folhas, no espaçamento de 3,5 m entre linhas e 0,7 m entre plantas plantadas no mês de dezembro de 2000.

Tabela 1: Características químicas do solo onde foi conduzido o experimento.

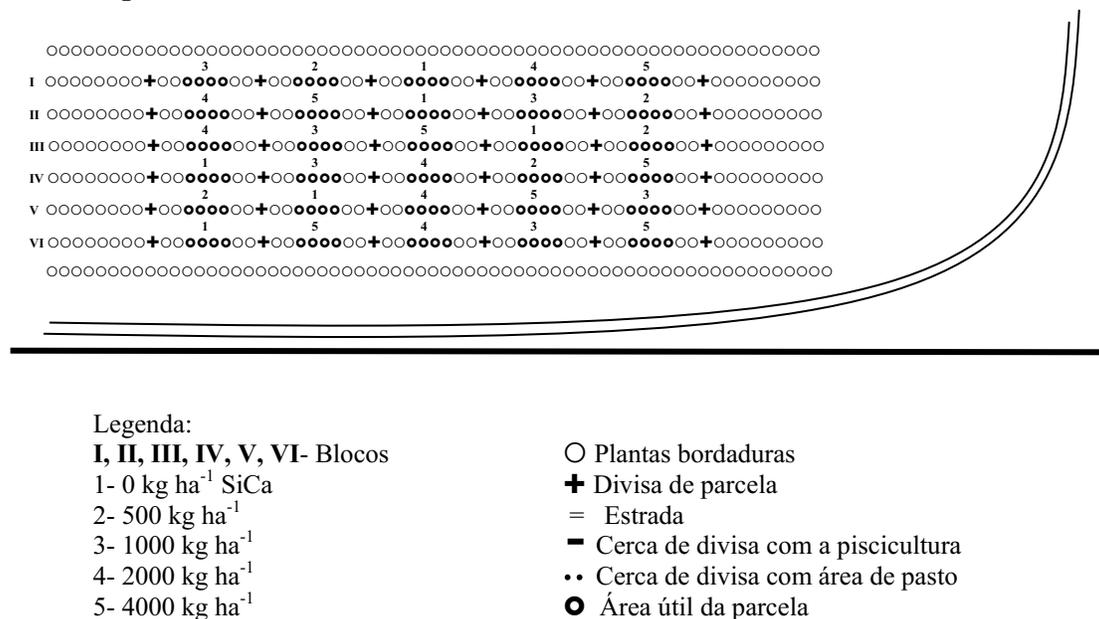
Prof. cm	pH	P ----mg dm ⁻³ ----	K -----	Si -----	Al -----	Ca -----	Mg -----	H+Al -----	SB -----	t -----	T -----	V ----%---	m -----	M.O. g kg ⁻¹
0-20	6,4	3,4	38,7	13	0,0	1,6	1,0	1,7	2,8	2,78	4,44	63	0	31
20-40	5,7	1,7	20,6	7	0,0	0,8	0,6	1,9	1,4	1,37	3,23	43	0	27
40-60	5,3	0,8	14,6	5	0,1	0,5	0,4	1,9	0,9	0,98	2,73	32	10	14

Observações: pH em água 1:2,5; P, K = (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Al, Ca, Mg = (KCl 1N); M.O. = (Walkley-Black); Si = (ácido acético 0,5 M) SB = Soma de bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = saturação bases m = saturação por Al

3.2- Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliadas as doses de 0, 500, 1000, 2000 e 4000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio. As parcelas receberam respectivamente 0, 0,98, 1,96, 3,92, 7,84 kg desse produto. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 6 repetições. As parcelas eram compostas de 08 plantas, sendo as 04 plantas centrais úteis para avaliações (Figura 1). A adubação silicatada foi realizada no dia 15 de dezembro de 2000. O fertilizante aplicado no fundo do sulco, cuja profundidade era de aproximadamente 0,3 m. A fonte de Si usada foi fornecida pela Calcium Silicate Corporation, USA (SiO₂=45,2 %, SiO₂ solúvel em ácido cítrico= 31,8 %, silicato de cálcio=91 %, óxidos de Al, Fe, Mg e K=1 %, sais de flúor=2,85 %, pH em água=7,0-7,5, densidade=180 lbs/cu.ft, solubilidade em água despresível, aparência=sólido de cor acinzentada e porosa). A incorporação foi realizada com um subsolador equipado com duas hastes.

3.3-Croqui da área



3.4-Adubação química

As adubações químicas, de plantio e de formação do cafeeiro, foram feitas segundo as recomendações da 5ª aproximação da CFSEMG (1999). No plantio usou apenas superfosfato simples na dose de 100 g m^{-1} associado aos tratamentos. O N e o K foram acrescidos em cobertura parcelada após o plantio, sob forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Os micronutrientes foram aplicados às folhas através de pulverizações mensais.

3.5- Amostragem de solo e folha

A amostragem foi realizada no mês de julho de 2001, utilizando-se um trado de caneca, e as profundidades amostradas foram de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Na área útil da parcela foram tiradas cinco amostras simples, e, posteriormente, estas foram devidamente homogeneizadas, originando uma amostra composta, a qual foi enviada ser analisada.

Para avaliar os teores de silício e cálcio foliar do cafeeiro foram retiradas 04 (quatro) folhas por plantas e 16 (dezesseis) por parcela, ambas amostradas da área útil da parcela, e do segundo par de folhas da parte superior das plantas. Esta amostragem foi realizada no mês de julho de 2001.

3.6- Avaliação de doenças e desempenho das plantas

Para avaliar incidência folhas atacadas por doença, quantificou-se o número médio de folhas do cafeeiro, e, posteriormente, o número médio de folhas com sintomas, assim e possível obter a percentagem de folhas com sintomas de doenças. Esta metodologia foi proposta por Matiello (1988), e é usada, principalmente, para monitorar o nível de dano econômico de doenças e pragas, e avaliar eficiência de controle de fungicidas e inseticidas. Esta avaliação foi realizada no mês de julho de 2001.

Para avaliar o desenvolvimento vegetativo das plantas de cafeeiro, mediu-se três diâmetros da copa, e através da média, calculou-se o volume da copa do cafeeiro, usando a fórmula da esfera ($V=3,14D^3/3$). Esta avaliação foi realizada no final do período chuvoso

3.7- Análise de silício nas folhas

As folhas, depois de lavadas em água destilada, foram secadas em estufa a 65 °C até atingirem peso constante. O material foi, então, moído e colocado em sacos plásticos identificados. A determinação do teor de silício foi feita em amostras de 0,1000g. Estas foram colocadas em tubos de polipropileno, de 80 mL, para digestão, tendo uma amostra em branco e um padrão. Acrescentou-se 2 mL de H₂O₂ (30% ou 130v) e misturou-se imediatamente, por alguns segundos. A seguir, misturou-se 3 mL de NaOH (1:1); colocou-se os tubos na autoclave por 1 hora, à temperatura de 123 °C e à pressão 1,5 atm. Após a digestão do material, completou-se o volume para 50 mL, utilizando-se água destilada e deixou-se o material digerido em repouso. Uma alíquota de 5 do sobrenadante do extrato foi colocada em copo plástico, acrescentando-se mais 5 ml de água destilada. Em seguida, e colocou-se em um copo plástico, acrescentando-se mais 5 ml de água destilada.

Em seguida, foi rapidamente adicionado 1 mL de HCl (1:1 ou 50%) e 2 mL de molibdato de amônio. Procedeu-se uma leve agitação. A cor amarela deve aparecer em todas as amostras contendo silício. Depois de 5 a 10 minutos, adicionou-se 2 mL de ácido oxálico, misturando-os levemente. A leitura foi feita em fotocolorímetro, após um intervalo de 2 minutos, pois a cor amarela é pouco estável.

3.8- Análise do silício no solo

Em amostras de 10 g de solo (TFSA) adicionou-se 100 mL de uma solução de ácido acético 0,5 M e procedeu-se uma agitação por 1 hora. Após esta operação, a suspensão foi posta em repouso, para decantação, durante 15 minutos. A seguir, filtrou-se a suspensão e deixou o filtrado em repouso por uma noite (12 horas). Para determinação, utilizou-se 10 mL do filtrado, ao qual se acrescentou-se 1 mL de solução sulfo-molíbdica. O ácido ortossilício (H_2SiO_4), que é a forma em que o silício apresenta-se na solução, reage com o molibdato desenvolvendo cor amarela. Após 10 minutos, acrescentou-se 2 mL de uma solução de ácido tartárico a 20%, a fim de complexar o fósforo da solução. Após 5 minutos, adicionou-se 10 mL de uma solução de ácido ascórbico para promover o aparecimento da cor azul (este ácido se oxida rapidamente e, portanto, funciona como redutor). Depois de uma hora foi feita a leitura em fotocolorímetro ajustado no comprimento de ondas de 660 nm.

3.9- Análise do pH em $CaCl_2$

Para determinação do pH em $CaCl_2$ 1 N, na relação 1:2,5 tomou-se 10 mL de solo (TFSA) em copinho de plástico e adicionou-se 25 mL de solução $CaCl_2$ 0,01 M. Procedeu-se a

agitação por 15 minutos seguidos de 45 minutos de repouso. A seguir introduziu-se o eletrodo na amostra e fez leitura do pH.

3.10- Análise do cálcio trocável

Para determinação de cálcio colocou-se 10 mL de solo (TFSA) em copo plástico e adicionou-se 100 mL de solução extratora de cloreto de potássio, KCl 1N e agitou-se por 15 minutos. Deixou-se em repouso-se por aproximadamente 16 horas. Depois se coletou-se uma alíquota de 1 mL do extrato sobrenadante e colocou-se em um tubo de ensaio plástico acrescentando 9 mL de óxido de lantânio 0,5 % e depois fez-se a leitura em aparelho de absorção atômica.

3.11- Análise do cálcio nas folhas

Para determinação do cálcio foliar, pesou-se uma amostra de 0,5 g do material moído e colocando-as em tubos de digestão, adicionou-se 6 mL de ácido nitro-perclórico ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_3$, 4 x 0,5) e deixou em ataque durante duas horas. Levou-se a um bloco digestor por 15 minutos a 50 °C, seguidos por 15 minutos a 75 °C, 120 minutos a 120 °C, 160 minutos até o desprendimento total de fumaça de cor avermelhada, e 210 °C até formar uma fumaça branca e o extrato se reduza a menos de 5 mL. Após o resfriamento dos tubos,

adicionar 50 mL de água destilada fervida a 60 °C, agitou-se 2 minutos. Colocou-se e repouso por uma noite. Posteriormente retirou-se uma alíquota de 0,5 mL do extrato sobrenadante e colocou em copo descartável , adicionou-se 22 mL de água destilada e 2,5 mL de óxido de lantânio e deixou em repouso por 8 horas. Fez-se a leitura em no aparelho de absorção atômica.

3.12- Análise do fósforo disponível

Para determinação do fósforo disponível utilizou-se 10 mL de solo (TFSA), aos quais adicionou-se 100 mL de solução extratora de H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,05 N. procedeu-se 5 minutos de agitação e ficou em repouso por uma noite. Posteriormente, pipetou-se uma alíquota de 5 mL do extrato sobrenadante e colocou-a em copinho plástico. Adicionou-se 5 mL de complexo B e deixou desenvolver cor por 45 minutos. Através do fotocalorímetro calibrado para 100 % de transmitância e comprimento de ondas de 660 nm, fez-se a leitura dos resultados.

3.13- Análise estatística

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância, quando houve significância ao nível de 5 % de probabilidade, as médias foram submetidas à análise de regressão com auxílio do programa SANEST.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- O Silício no solo

Os teores de Si encontrados regionalmente, nesta classe de solo, geralmente são variáveis de 1,2 mg Kg⁻¹ (Ávila, 1997) a 12 mg Kg⁻¹ (Rabelo, 1999). Quando Rodrigues (1997) aplicou 4000 Kg ha⁻¹ de silicato de cálcio nesse solo obteve um aumento de 14 mg Kg⁻¹ para 46 mg Kg⁻¹, e Rocha (2000) obteve aumento de 54 mg dm⁻³ na testemunha para 186 mg dm⁻³ com a mesma dose em Latossolo Roxo cultivado com cafeeiro.

O teor de Si encontrado no sulco de plantio mostra que não houve diferença estatística significativa entre as doses de silicato de cálcio aplicadas no sulco de plantio (Tabela 2). Entretanto houve um acréscimo visual nos teores Si encontrados na camada de 0-20 cm. Menegelle (1999), trabalhando em Latossolo Vermelho Escuro, aplicou doses de 0, 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio na linha da cultura do tomateiro, também não obteve diferença estatística significativa para os teores de Si encontrados no solo. Além disso, o coeficiente variação dos resultados encontrados na camada de 0-20 cm foi considerado elevado.

Tabela 2: Teores de silício encontrados no sulco de plantio do cafeeiro.

Doses de Silicato de Cálcio ----- kg ha ⁻¹ -----	Profundidade (cm)		
	0-20	20-40	40-60
	-----Si mg dm ⁻³ -----		
0	9	8	6
500	18	10	7
1000	21	10	7
2000	30	11	7
4000	32	11	7
C. V. (%)	38 ¹	33	27
Significância	ns	ns	ns

ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

¹C. V. transformado segundo raiz de x.

O coeficiente de variação dos teores de Si encontrados na camada de 0-20 cm, foi considerado alto e, provavelmente, influenciou na significância dos resultados estatísticos. O método de amostragem associado à forma distribuição do fertilizante ocasionou uma falta de representatividade para os verdadeiros teores de Si esperados no sulco de plantio. Conforme mostra a Figura 1, como fertilizante ficou localizado no fundo do sulco, ora o trado interceptava um volume de solo contendo o fertilizante (A), ora o trado não explorava o solo contendo o fertilizante (B). Também foi encontrado elevado coeficiente de variação para o Ca trocável e P disponível, o mesmo não aconteceu com pH, provavelmente porque as OH⁻ liberadas na reação do silicato de cálcio no solo tem uma melhor dispersão no meio.

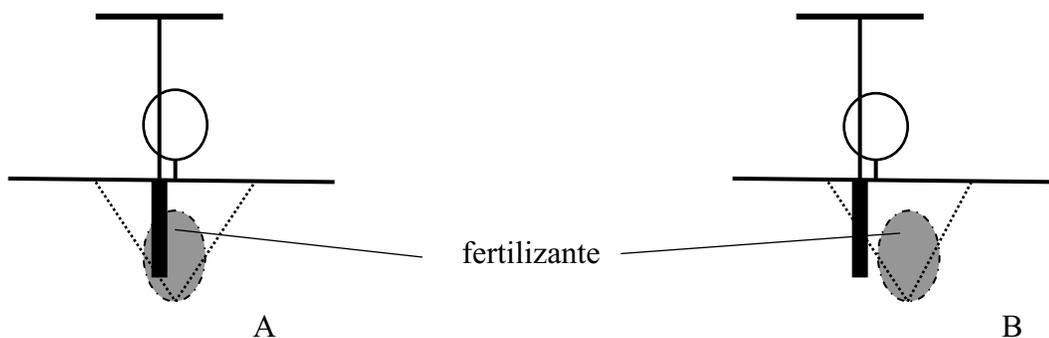


Figura 1: Esquema da amostragem de solo.

4.2- pH do solo

O Silicato de Cálcio aplicado no sulco de plantio promoveu um aumento significativo do pH na camada de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade (Tabela 3). Franco (1995), também observou aumento significativo linear do pH, conforme as doses de silicato de cálcio usadas, quando cultivou cana-de-açúcar em vasos contendo material Latossolo Vermelho Escuro em ambiente controlado.

Conforme a Figura 2 ilustra, na camada de 0-20 cm o pH do solo aumentou de 5,2 para 5,8 a partir de 0 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio para a dose 4000 kg ha⁻¹. A análise de regressão mostrou que a equação que melhor se ajustou ao conjunto de dados foi $y = 5,22 + 0,0001x$, cujo coeficiente de determinação (R^2) foi 0,91^{**}. De 20-40 cm o pH elevou de 4,6 para 5,0 e equação que melhor descreveu o arranjo dos dados foi $y = 4,64 + 0,0002x$ com $R^2=0,95^{**}$. Já na camada de 40-60 cm não houve diferença estatística significativa no aumento do pH do solo. A elevação do pH pode ser explicada pelo aumento da concentração de OH⁻ na solução do solo (Alcarde, 1992).

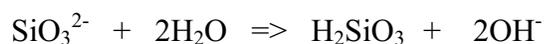


Tabela 3: pH do solo em CaCl₂.

Doses de SiCa kg ha ⁻¹	Profundidade		
	0-20	20-40	40-60
0	5,2	4,6	4,3
500	5,3	4,8	4,4
1000	5,5	4,8	4,3
2000	5,6	4,9	4,4
4000	5,8	5,0	4,4
C. V. (%)	4,9	4,3	3,9
Significância	**	**	ns

** = significativo ao nível de 5 % de probabilidade

ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

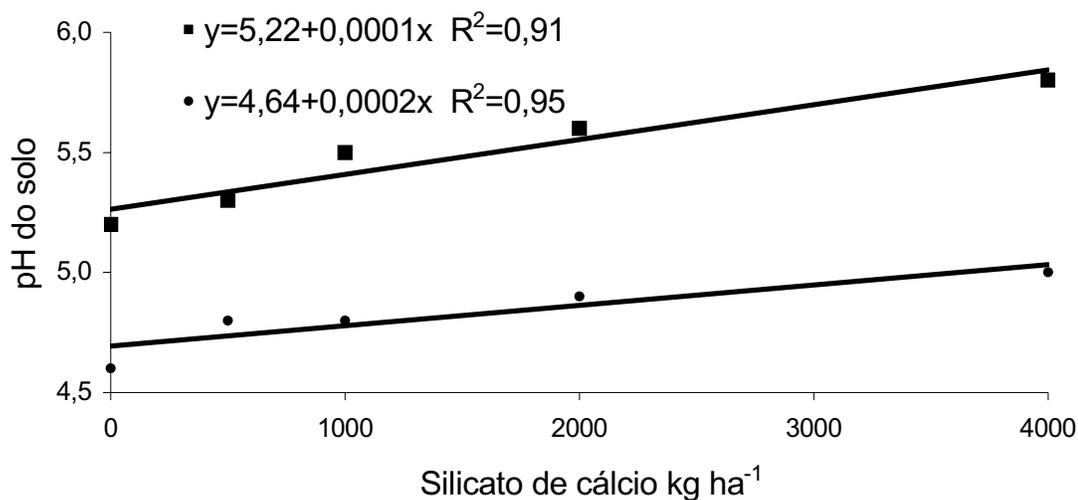


Figura 2: Efeito do silicato de cálcio sobre o pH do solo.

4.3- Cálcio trocável

Geralmente a aplicação de silicato de cálcio eleva os teores de Ca trocável do solo.

Franco (1995) observou aumento de 1,3 mmol_c dm⁻³ para 11,7 mmol_c dm⁻³ após a aplicação

de 4000 kg ha⁻¹ de Wollastonita em Latossolo Vermelho Escuro textura muito argilosa. Rodrigues (1996) também obteve aumento significativo de Ca trocável após a aplicação de termofosfato como fonte de Si em Podzólico Vermelho Escuro. Estudando o efeito de escória siderúrgica em Latossolo Vermelho Escuro cultivado com milho, Ribeiro (1996) verificou que o aumento no teor de Ca trocável não foi significativo.

O silicato de cálcio aplicado no sulco de plantio do cafeeiro não aumentou de forma significativa os teores de cálcio tocável do solo, provavelmente em função do elevado coeficiente de variação dos resultados obtidos (Tabela 4).

Tabela 4: Teores de Ca trocável encontrados no sulco de plantio do cafeeiro.

Doses de Silicato de Cálcio -----kg ha ⁻¹ -----	Profundidade		
	0-20	20-40	40-60
	----- cmol _c dm ⁻³ -----		
0	1,2	0,9	0,5
500	1,7	0,9	0,7
1000	1,6	0,8	0,5
2000	1,6	0,8	0,6
4000	1,8	0,9	0,7
C. V. (%)	23 ¹	21 ¹	23 ¹
Significância	Ns	ns	ns

ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

¹C. V. transformado segundo raiz de x.

4.4- Fósforo disponível

A elevação do pH do solo pode trazer alguns benefícios indiretos para as plantas como a maior solubilidade do elemento mineral fósforo. Ainda com a elevação do pH do solo na linha de plantio do cafeeiro, o aumento do fósforo disponível não foi significativo. Esse resultado também já havia sido observado por Franco (1995) após aplicação de

Wollastonita em vasos com Latossolo Vermelho Escuro. Entretanto, nesta mesma classe de solo, Ribeiro (1996) observou aumento significativo no teor de fósforo disponível do solo com a aplicação de escória siderúrgica, em condições de campo.

Apesar de todas as parcelas do experimento terem recebido a mesma quantidade de fertilizante fosfatado, os resultados de fósforo disponível encontrados na camada de 0-20 cm de profundidade apresentaram maior coeficiente de variação, quando comparados às outras variáveis estudadas (Tabela 5). Conforme o relato pessoal de Melo¹ (2002), a quantificação do fósforo aplicado em linha de plantio de cafeeiro, através amostragem com trado é pouco representativo e, o coeficiente de variação dos dados são elevados.

Tabela 5: Teores de P disponível encontrados no sulco de plantio do cafeeiro.

Doses de Silicato de Cálcio -----kg ha ⁻¹ -----	Profundidade		
	0-20	20-40	40-60
	-----Si mg dm ⁻³ -----		
0	21	0,8	0,3
500	34	2,5	0,5
1000	23	4,4	0,8
2000	20	1,3	0,4
4000	19	1,5	0,5
C. V. (%)	68 ¹	40 ¹	33 ¹
Significância	ns	ns	ns

ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

¹C. V. transformado segundo raiz de x.

4.5- Silícios foliar

Os teores de silício encontrados na folha do cafeeiro mostraram que não houve diferença estatística significativa entre a testemunha e as doses de silicato de cálcio aplicadas no sulco de plantio (Tabela 6). A concentração média de Si na folha do cafeeiro

foi de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$, valor corresponde à metade obtida por Rocha (2000), que encontrou de 3 g kg^{-1} silício em folhas de cultivar Catuaí amarela, amostrando folhas do 4º nó em plantas adultas, em solo cujo teor natural de Si era de 54 mg kg^{-1} .

4.6- Cálcio foliar

Os teores de cálcio foliar mostraram uma interação significativa entre as doses de silicato de cálcio aplicadas no sulco de plantio e a acumulação de Ca nas folhas do cafeeiro (Tabela 6). Os valores de Ca encontrados na folha elevaram-se de $8,7 \text{ mg kg}^{-1}$ na testemunha para 12 mg kg^{-1} para dose de 4000 kg ha^{-1} de silicato de cálcio. Conforme cita a 5º CFSEMG (1999) os teores mínimos adequados de Ca na folha do cafeeiro situa-se entre 10 e 15 mg kg^{-1} .

Segundo análise de regressão polinomial a equação que melhor se ajustou ao arranjo dos dados obtidos foi $y = 8,19 + 0,003x - 0,00000006x^2$ com coeficiente de determinação de $0,99$ (Figura 3).

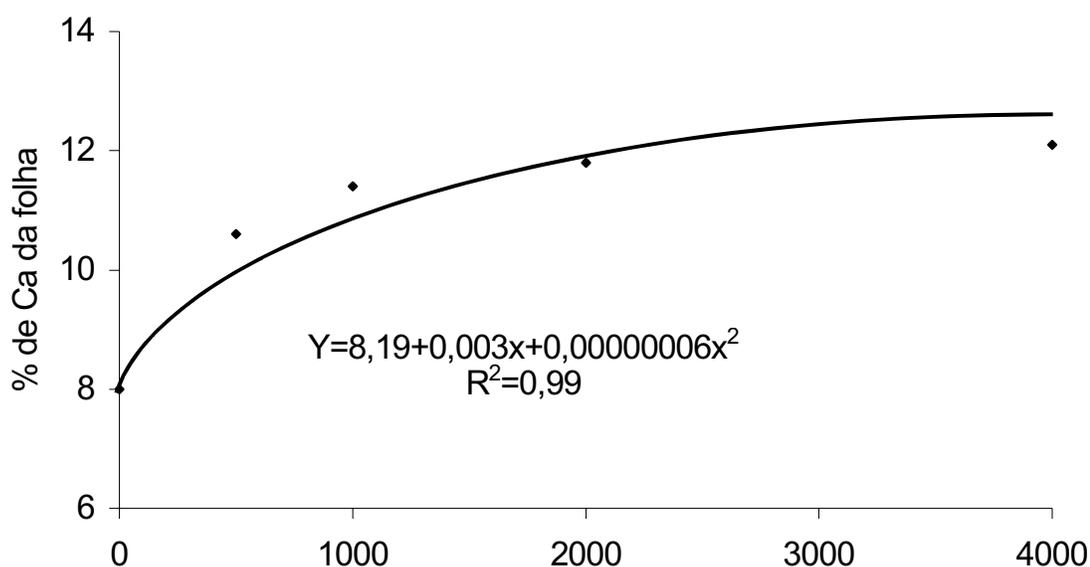


Figura 3: Efeito da aplicação de silicato na % de Ca da folha do cafeeiro

4.7- Desempenhos das plantas e incidência de doença e pragas

Algumas plantas são responsivas ao Si adicionado no substrato onde vegetam, como a cana-de-açúcar, onde o Si proporciona acréscimos significativos no tamanho das plantas, no número de perfilhos por planta, e na taxa de matéria seca (Franco, 1996). O arroz sequeiro cultivado em latossolo vermelho escuro apresenta redução de manchas de

Cladosporium nos
 Silicato de cálcio kg ha⁻¹ grãos. Esta diminuição

foi da ordem de 46 % na testemunha para 29 %

no tratamento que recebeu 960 Kg ha⁻¹ de silicato de cálcio (Ávila, 1997). No entanto outras culturas como o tomateiro, citado por César (2000), não responde à fertilização com Si.

Tabela 6: Si e Ca nas folhas, incidência de Cercosporiose e volume da copa do cafeeiro.

Dose de Silicato cálcio ----kg ha ⁻¹ ----	Folhas			Volume da copa ---- m ³ ----
	Si -----g kg ⁻¹ -----	Ca	Cercosporiose* -----%-----	
0	1,3	8,8	37	0,005
500	1,5	10,6	30	0,007
1000	1,3	11,4	37	0,006
2000	1,5	11,8	26	0,007
4000	1,5	12,1	30	0,007
C. V. (%)	14	9	29	32
Significância	ns	**	ns	ns

* = incidência de cercosporiose em % de folhas com sintomas

** = significativo ao nível de 5 % de probabilidade

ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade

Avaliando as condições fitossanitárias do experimento, observou-se que pragas não foram ocorrentes e a doença incidente foi apenas a cercosporiose. A falta de resposta das plantas ao ataque desta doença pode estar associada à baixa concentração de Si no tecido foliar. Como se sabe, algumas plantas não respondem positivamente às diferentes concentrações de Si no solo. Pedrosa (1999) observou que o Si não proporcionava resistência ao complexo de doenças de final de ciclo da soja. Mengelle (1999) também observou que não houve resistência do tomateiro a doenças quando se aplicou diferentes doses de Si no solo. O cafeeiro tratado com Si também não mostrou resistência à ferrugem (Rocha, 2000).

5-CONCLUSÃO

Não houve diferença estatística nos teores de Si, Ca e P do solo quando se aplicou doses crescentes de silicato de cálcio.

O silicato de cálcio além de corrigir a acidez do solo, também mostrou-se eficiente no fornecimento de Ca para as plantas.

Não houve efeito do silicato de cálcio sobre os teores de Si nas folhas do cafeeiro, sobre o controle da cercosporiose, nem tampouco sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas.

6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARIE, S. *et al.* Physiological roles of silicon in photosynthesis and dry matter production in rice plants. **Japan J. Crop Sci.** 1992. 200-206 p.

ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. A. Soil as an ecological factor in the development of vegetation in the Central Plateau of Brazil., Turrialba. 1952. 153-160 p.

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos:** características e interpretações técnicas. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos, 1992. 1-26 p. (Boletim Técnico, 6)

ANDERSON, D.L.; SNYDER, G.H.; WARREN, J.D. Availability of phosphorus in calcium silicate slag. Com. in Soil Sci. and Plant Analysis. v. 23, n. 9-10. 907-918 p. 1992.

ARANTES, V. A. de. **Aplicação de silício para arroz de sequeiro cultivado em material de solos fase Cerrado.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção de título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1997. 42p.

ARENS, K.; FERRI, M. G.; COUTINHO, L. M. Papel do fator nutricional na economia d'água de plantas do cerrado. **Ver. Biol.**, Lisboa. 1958. 313-324 p.

AVILA, L. A. de. **Efeito do silício sobre a produção e sanidade de arroz sequeiro cultivado em materiais do solo fase cerrado.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1997. 36p.

BARBER, D.A., SHONE, M.G.T. The absorption of silica from aqueous solutions by plants. **J. Exp. Bot.** n. 17, 569-578 p. 1966.

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz: (sequeiro e irrigado).** Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9).

BRADY, N.C. **The nature and properties of soils**. 10. ed. New York: Macmillan Publishing, 1992. 179-200 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Produção e Comercialização. **Estimativa da Safra cafeeira de 2000 e Primeira Previsão da Safra 2001**. nov./dez. 2000.

BÉLANGER, R.R. *et al.* Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, n.4, v.70, 329-335 p. 1995.

BERGMANN, W. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fisher Verlag Jena, Stuttgart/New York, 1992.

BURBEY, A., RIZALDI, B., YULIZAR, Z. Response of upland rice to potassium and silicate application on Ultisol. **Pemberitaan Penelitian Sukarami**. v.15, 26-31 p, 1988

CAMPOS, A. C. & LABOURIAU, L. G. Corpos silicosos de gramíneas do cerrados – II. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Rio de Janeiro, 143-151, 1969.

CASAGRANDE, J.C.; ZAMBELLO, E.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de silício em cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Brasil-Açucareiro**. v. 98, n. 1, jul, 54-60 p. 1981.

CESAR, E. U. R. **Fertilização silicatada influenciando variáveis de crescimento e produção do tomateiro**. Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 2000. 39p.

CFSEMG. Recomendações para o Uso de Fertilizante em Minas Gerais: **4ª Aproximação**. Lavras, MG. p. 112-115. 1989

CHÉRIF, M., BÉLANGER, R.R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Phytophthora ultimum* on long English cucumber. **Plant Disease**, v.76, 1008-1011 p. 1992.

CLARKSON, D. T. Aluminum tolerance in species within the genus *Agrotis*. **J. Ecol.**, 167-178 p. 1966.

CLARKSON, D. T. The effect of aluminum and some other trivalent metal cations on cell division in the root apices of *Allium cepa*. **Annals Bot.**, 309-315 p. 1965.

CORREA-VICTORIA, J.F.; *et al.* Silicon deficiency of upland rice on highly weathered Savanna soils in Colombia. II. Diseases and grain quality. In: IX CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E PARA O CARIBE, V REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ. **Anais...** Goiânia, Brasil. 1994

DATNOFF, L.E. et al. Effect of calcium silicate on bruzone and intensities, and yield of rice. **Plant Disease**. St. Paul, v.75, n. 7, july, 729-732 p. 1991.

DATNOFF, L.E. *et al.* Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheath blight development on rice. Biological Cultural Tests Control. **Plant Disease**, v.5, 65 p, 1990.

DATNOFF, L.E., SNYDER, G.H., DEREN, C.W. Influence of silicon fertilizer grades on blast and brown spot development and on rice yields. **Plant Disease**, v.76, 1182-1183 p. 1992.

DRESS, L.R. et al. Silica in the soil: Quartz and disordered silica polymorphs. In: DIXON, J. B.; e WEED, S.B. (Ed.). **Minerals in soil environments**. Wisconsin: Madison, 1989. 913-974 p.

ELAWAD, S.H.; GREEN JR, V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista Riso**, Milano, v. 28, n.3, sept., 235-253 p. 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual 1976 -1977**. Planaltina, 1978. 183 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1978. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. **Relatório Técnico Anual 1976-1977**, 183 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1981. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. **Relatório Técnico Anual 1979-1980**, 190 p.

ESSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academic of Sciences of the United States of America**, Washington, v.91, n.1, jan. 11-17 p. 1994.

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

FRANCO, C. J. F. **Efeito do silicato de cálcio em características químicas de um latossolo vermelho escuro na produção de fitomassa de cana-de-açúcar**. Uberlândia:

monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1995. 29 p.

FREIRE, F. M. *et al.* **Calagem, adubação orgânica e manejo da água no controle da toxicidade de ferro em arroz irrigado.** Ceres, Belo Horizonte. v. 32, n.170, p.162-169. 1985.

FRIESEN, D.K. *et al.* Silicon deficiency of upland rice on highly weathered savanna soils of Colombia. II Evidence of a major yield constraint. In: IX Conferência Internacional de arroz para a América Latina e para o Caribe, V Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz. **Anais** . Castro's Park Hotel, 21-25 de março, Goiânia, Goiás, Brasil, 1994. 67 p.

GALVEZ, L. *et al.* Silicon interactions with manganese and aluminium toxicity in sorghum. **Journal of Plant Nutrition**. 1987. 1139-1147 p.

GARRITY, D.P., MAMARIL, C.P., SOEPARDI, G. Phosphorus requirements and management in upland rice-based cropping systems. In: Proceedings of the symposium on phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania, March 6-10, 1989, p.333-347. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines

GORDERT, W.J. Região dos cerrados: potencial agrícola e política para o seu desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.1-17, jan. 1989.

HARWARD, M. E.; COLEMAN, N.T. Some properties of H and Al clays and exchange resins. **Soil Sci**. 181-188 p. 1954.

HINGSTON, F.J. *et al.* **Specific adsorption of anions.** Nature, London. 1967. 1459 p.

HO, D.Y., ZANG, H.L., ZHANG, X.P. On the silicon supplying ability of some important paddy soils in South China. In: **Proceedings of the symposium on paddy soils**, october, Nanjing, China. 1980. 95 p. (Abstract).

HORIGUSHI, T. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. IV. Effect of silicon on alleviation of manganese toxicity of rice plants. **Soil Sci. Plant Nutr**. 1988. n. 42, p. 111-117 p.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **Annual report 1965.** Los Banos, Laguna, Philippines, 1966.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **IRRI Rice Almanac.** Los Banos, Laguna, Philippines, 1993.

JONES, L. H. P. & HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**. 1967. 107-149 p.

JUO, A.S.R., SANCHEZ, P.A. Soil nutrition aspects with a view to characterize upland rice environment. In: **Upland Rice Research, International Rice Research Institute**, Los Banos, Laguna, Philippines, 1986. 81-95 p.

KANG, Y.S. The influence of silicon on growth of rice plants. Res. Rep. Rural Dev. Admin., **Plant Environ.**, Mycol., Farm Product Utilization, Korean Republic, v. 27, n. 1, P. 57-72. 1985.

KIDDER, G.; GASCHO, G.J. Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane. **Agronomy facts**. Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, n. 65, 1977.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.; & CORRÊA, G.F. Influence of Silicon on Grain Discoloration and Upland Rice Growth in Four Savanna Soils of Brazil. **J. Plant Nutri.** New York. 1999. n.22, v.1, p.93-102.

LATHWELL, D. J. & PEECH, M. Interpretation of chemical soil tests. Cornell Univ. **Agric. Expt. Station Bull.** 1964. 995 p.

LEE, K.S. *et al.* Studies of silica application to nursery beds on rice seedling growth. Res. Rep. Rural Dev. Admin., **Plant Environ.**, Mycol., Farm Product Utilization, Korea Republic, v. 27, n. 1, p. 23-27. 1985.

LEE, T. S.; KWON, T. O. & PARK, K. H. Influence of nitrogen and silicon on the yield and the lodging related traits of paddy rice. **Soil and Fert.** 1990. p. 15-23.

LIAN, S. Silica fertilization of rice. In: The fertility of paddy soils and fertilizer applications for rice. **Food Fert. Tech. Centr.** 1976. p. 197-220.

LOPES, A. S. **Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo**. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicic acid on rice in a P-deficient soil. **Plant Soil**. v.126, p. 121-125. 1990 b.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. **Plant Soil**. v. 126, p. 115-119. 1990 a.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Availability of rice straw Si to rice plants. **Soil Science and Plant Nutrition**. v. 37, n. 1, mar, p. 111-116 Mar, 1991.

MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação do arroz irrigado**. São Paulo. Ultrafertil. 1978. 64 p.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. ed. Globo, 1991. 320 p.

MATIELLO, J. B. Controle da ferrugem com inseticida via solo. **Correio Agrícola**. São Paulo, Bayer, Correio Agrícola 3/88, 1988.

McKEAGUE, J.A.; CLINE, M.C. Silica in soil solutions. II. The adsorption of monosilic acid by other substances. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.43, n.1, p.83-95, 1963.

MENGELLE, E. R. **Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro**. Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de bacharel em Agronomia. Universidade Federal de Uberlândia, 1999. 32p.

MIYAKE, Y. Silica in soils and plants. Science Reprint Faculty of Okayama University. v.81, p.61-79, 1993. (Summary in English).

MIZUNO, N. Effects of silica on hull weight and ripening of rice plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, n. 9-16, p. 2159, 1987.

NAYAR, P.K., MISRA, A.K., PATNAIK, S. Silica in rice and flooded rice soils. II - Uptake of silica in relation to growth of rice varieties of different durations grown on na Inceptisol. **Oryza**, v. 19, p. 82-92, 1982.

NOGUSHI, J., SUGAWARA, T. **Potassium and japonica rice**. International Potash Institute. Bern, Switzerland, 1966.

NYE, Ph. Ion exchange equilibria involving aluminum. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 25: 14-27, 1961.

OSUNA-CANIZALES, F. J., DATTA, S.K., BONMAN, J.M. Nitrogen form and silicon effects on resistance to bruzone disease of rice. **Plant and Soil**. V. 153, p.223-231. 1991

PEDROSA, M. G. **Influência de silício na redução de doenças de final de ciclo na cultura da soja**. Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1999. 37p.

PRABHU, A.S. *et al.* Influência de fertilização com sílica sobre a mancha de grãos em arroz. **Fitopatologia Brasileira**, v.21 (suplemento), p.405, 1996.

PONNAPERUMA, F.N. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In: **The mineral nutrition of the rice plant**. Baltimore: John Hopkins, 1965. p.461-482.

RABELO, P. G. **Avaliação de fontes de silício em quatro materiais de solo representativo da região dos cerrados, em condições de laboratório.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1999. 43p.

RAIJ, B. V.; CAMARGO, O.A. Sílica solúvel em solos. **Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, Campinas, v.32, n.11, p. 223-231, 1973.

RAWITSCHER, F. K. & FERRI, M. G. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. **Anais... Acad. Bras. Ciênc.** 15: 267-294, 1942.

REZENDE, C.D.P. *et al.* Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 54, p. 99-112, 1999.

RIBEIRO, C. F. **Efeito da escoria de siderurgia sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.) num latossolo vermelho escuro amarelo distrófico.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 34p.

RODRIGUES, G. P. **Efeito do silicato de cálcio na cana-de-açúcar e sobre as características químicas do solo.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1997. 41p.

RODRIGUES, L. de L. **Efeito no solo controle de doenças de três variedades de cana-de-açúcar.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 38p.

ROY, A.C. *et al.* Influence of calcium on phosphate solubility and availability in Hawaiian latosols. **Proc. Intern. Symp. Soil Fert. Evlan.** New Dehi, India, v. 1, p. 757-765. 1971

ROCHA, H. B. **Estudo do silício no controle da ferrugem e na produtividade do cafeeiro.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 2000. 36p.

SAVANT, N.K., DATNOFF, L.E., SNYDER, G.H. Depletion of plant available silicon in soils: a possible cause of declining rice yields. **Communication of Soil Science Plant Analyses.** v. 28, n. 13-14, p. 1245-1252, 1997.

SAVANT, N.K.; SNYDER, G.H.; DATNOFF, L.E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, v. 58, p. 151-199, 1997.

SAVANT, A.S., PATIL, V.H., SAVANT, N.K. Rice hull ash applied to seedbed reduces deadhearts in transplanted rice. **International Rice Research Notes**, v.19, n.4, p.21-22, 1994.

SEEBOLD, K., DATNOFF, L.E., CORREA-VICTORIA, F., SNYDER, G. Effects of silicon and fungicides on leaf and neck blast development in rice. *Phytopathology*, v.85, p.1168, 1995. (Abstract).

SEO, S.W., OTA, Y. Role of the hull in the ripening of rice plant. VII. Effect of supplying of silica and potassium during reproductive growth stage on the form and function of hulls. **Nippon Sakumotsu Gakkai Kiji**, v. 52, n. 1, p. 73-79, 1983.

SILVA, J.A. **Plant mineral nutrition: yearbook of science and technology.**[S. l.]: McGraw-Hill. 1973.

SILVA, L.C.F. DA, CASAGRANDE, J.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar (Macronutrientes). In: **Adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. IAA/PLANALSUCAR. Piracicaba - SP, 1983 p. 77-96. Coleção nº 2. Planalsucar.

SILVA, S. T. da. **Aspectos morfológicos e fisio-ecológicos da absorção de ácido silícico em *Curatela americana* L. (Dilleniaceae)**. Tese de doutorado, São Paulo, USP, 1983, 172 p.

SOIL AND RICE. International Rice Research Institute. Los Banos, Phillippines. 825p. 1978.

SUBRAMANIAN, S., GOPALSWAMY, A. Influence of silicate and phosphate materials on availability and uptake of silicon and phosphorus in acid soil. *Oryza*, v. 27, p. 267-273, 1990.

SUBRAMANIAN, S.; GOPALASWAMY, A. Effect of silicate materials in rice crop pests. **International Rice Research Newsletter**. v. 13, n. 3, p. 32. 1988

TAKAHASHI, E., MA, J.F., MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Comments of Agriculture Food Chemical**. v.2, p.99-122, 1990.

TAKAHASHI, J., *et al.* The effect of silicon, magnesium and zinc on the yield of rice. In: **Proceedings of the symposium on paddy soils**, october 19-24, Nanjing, China, p.82-83, 1980. (Abstract).

TAKAHASHI, Y. Effect of the form of silicon on the uptake of silicon by rice plant. Japanese. **J. Soil Sci. Plant Nutr.** 1978, v.49: 357-360 p.

TANAKA, A., PARK, Y.D. Significance of the absorption and distribution of silica in the rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.12, p.191-195, 1966.

VERMAS, T.S.; MINHAS, R.S. Effect of iron and manganese interactions on paddy yield and iron and manganese nutrition in Silicon-treated and untreated soils. **Soil Sci.** v. 147, p. 107-115. 1989.

WAIBEL, L. **Vegetation and land use in the planalto central of Brazil.** Geogr. Ver. 38: 529-554, 1948.

WARMING, E. Imprensa Official. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte 1908, 282 p. (Trad. de A.Loefgren).

WALLACE, A. Participation of silicon in cation-anion balance as a possible mechanism for aluminum and iron tolerance in some Gramineae. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.4, p.547-553, 1993.

WINSLOW, M.D. Silicon, disease resistance and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**, v.32, p.1208-1213, 1992.

YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. **Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.** (Japan) Ser. B. 15: 1-58 p. 1975.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science.** International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines, 1981

APÊNDICE

Tabela 1A: Si (mg dm^{-3}) no solo à profundidade de 0-20 cm.

Tratamentos SiCa Kg ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	8,8	9,0	8,9	7,6	11,9	8,3	9,1
500	20,4	15,4	9,2	8,7	44,1	10,4	18,0
1000	14,7	36,7	9,6	9,6	8,7	45,6	20,8
2000	9,8	78,0	8,1	9,9	18,0	56,6	30,1
4000	14,9	22,6	14,5	75,0	36,4	25,3	31,5
C. V. (%)	87,8						

Tabela 2A: Si (mg dm^{-3}) no solo à profundidade de 20-40 cm.

Tratamentos SiCa Kg ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	7,5	6,0	6,6	7,4	9,5	8,0	7,5
500	17,0	11,1	8,5	7,2	6,0	8,5	9,7
1000	9,3	11,8	8,2	8,3	8,2	11,2	9,5
2000	9,9	19,7	8,9	7,6	11,8	10,5	11,4
4000	12,8	11,0	8,5	19,0	7,8	8,8	11,3
C. V. (%)	33,8						

Tabela 3A: Si (mg dm^{-3}) no solo à profundidade de 40-60 cm.

Tratamentos SiCa Kg ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	6,5	5,7	4,8	4,7	7,4	6,7	6,0
500	11,1	7,1	5,9	7,0	7,1	5,2	7,2
1000	7,7	10,2	7,8	4,9	5,9	6,6	7,2
2000	5,0	9,3	4,9	4,4	9,5	6,0	6,5
4000	10,3	9,1	4,1	7,7	4,4	4,6	6,7
C. V. (%)	27,4						

Tabela 4A: Efeito das doses de Silicato de Cálcio sobre o pH do solo (0-20 cm).

Tratamentos SiCa Kg ha ⁻¹	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	5,3	5,3	4,7	5,3	5,3	5,1	5,2
500	5,5	4,9	5,2	5,7	5,5	5,2	5,3
1000	5,0	5,7	5,2	5,2	6,1	5,8	5,5
2000	5,4	6,1	4,8	5,2	5,9	6,3	5,6
4000	5,8	5,4	5,6	6,6	5,8	5,8	5,8
C. V. (%)	4,9						

Tabela 5A: Efeito das doses de Silicato de Cálcio sobre o pH do solo (20-40 cm).

Tratamentos SiCa Kg ha ⁻¹	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	4,8	4,5	4,5	4,3	4,6	4,6	4,6
500	5,0	4,7	5,0	5,0	4,5	4,6	4,8
1000	4,9	5,1	4,8	5,0	4,6	4,8	4,8
2000	5,2	4,6	5,4	6,2	4,7	4,8	4,9
4000	5,0	5,3	5,6	5,3	5,5	4,8	5,0
C. V. (%)	4,3						

Tabela 6A: Efeito das doses de Silicato de Cálcio sobre o pH do solo (40-60 cm).

Tratamentos SiCa Kg ha ⁻¹	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	4,3	4,5	4,4	4,5	4,3	4,0	4,3
500	4,5	4,7	4,5	4,4	4,2	4,3	4,4
1000	4,3	4,4	4,7	4,2	4,0	4,4	4,3
2000	4,5	4,4	4,4	4,2	4,7	4,3	4,4
4000	4,6	4,4	4,4	4,4	4,3	4,1	4,4
C. V. (%)	3,9						

Tabela 7A: Cálcio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo (0-20cm)

Tratamentos SiCa Kg.ha ⁻¹	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	1,7	1,1	0,7	1,0	0,7	1,7	1,2
500	1,8	1,3	1,4	2,1	1,9	1,7	1,7
1000	1,1	2,3	1,1	0,7	1,4	2,9	1,6
2000	1,2	2,6	0,9	1,1	2,2	1,8	1,6
4000	1,9	2,0	1,3	3,7	1,5	0,6	1,8
C. V. (%)	46,6						

Tabela 8A: Ca trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) do solo (20-40cm)

Tratamentos SiCa Kg.ha ⁻¹	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	1,3	0,4	0,3	1,0	1,6	0,5	0,9
500	1,7	0,7	0,5	1,0	0,7	0,6	0,9
1000	0,6	1,0	0,6	0,5	0,9	1,0	0,8
2000	0,8	0,6	0,7	0,3	1,1	1,1	0,8
4000	0,7	1,1	1,0	0,8	0,9	1,0	0,9
C. V. (%)	42,5						

Tabela 9A: Ca trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) do solo (40-60cm)

Tratamentos SiCa Kg.ha ⁻¹	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	0,9	0,6	0,3	0,2	0,9	0,2	0,5
500	1,0	0,7	0,6	0,9	0,5	0,6	0,7
1000	0,5	0,7	0,3	0,3	0,2	0,9	0,5
2000	0,6	0,6	0,5	0,3	0,6	0,8	0,6
4000	0,8	0,8	0,6	0,8	0,9	0,2	0,7
C. V. (%)	41,9						

Tabela 10A: Fósforo disponível (mg dm^{-3}) à profundidade 0-20 cm.

Tratamentos SiCa Kg.ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	17,5	94,2	3,6	2,8	4,4	3,0	20,9
500	44,5	22,5	4,3	111,3	11,2	20,9	33,5
1000	39,3	4,6	4,2	2,3	3,9	81,1	22,6
2000	7,0	97,2	3,5	3,3	3,7	2,0	20,1
4000	7,5	6,3	78,5	17,9	3,6	2,0	19,3
C. V. (%)	142,6						

Tabela 11A: Fósforo disponível (mg dm^{-3}) à profundidade 20-40 cm.

Tratamentos SiCa Kg.ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	0,5	1,2	0,8	1,0	0,1	0,9	0,8
500	4,0	1,6	0,8	0,9	0,9	6,7	2,5
1000	10,5	7,5	1,4	0,7	3,1	3,1	4,4
2000	1,0	2,2	1,1	1,3	1,2	1,0	1,3
4000	1,3	1,4	1,5	2,3	1,7	0,8	1,5
C. V. (%)	96,7						

Tabela 12A: Fósforo disponível (mg dm^{-3}) à profundidade 40-60 cm.

Tratamentos SiCa Kg.ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,5	0,3
500	0,4	0,8	0,4	0,3	0,6	0,5	0,5
1000	0,8	0,8	0,4	0,5	1,9	0,6	0,8
2000	0,6	0,0	0,2	0,1	1,2	0,5	0,4
4000	1,2	0,5	0,8	0,1	0,5	0,1	0,5
C. V. (%)	70,0						

Tabela 13A: Efeito das doses de Silicato sobre os teores de Si foliar (mg kg^{-1}).

Tratamentos SiCa Kg.ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	1,9	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3
500	1,4	1,4	1,8	1,2	1,5	1,4	1,5
1000	1,4	1,3	1,1	1,2	1,4	1,3	1,3
2000	1,5	1,2	1,3	1,4	1,8	1,8	1,5
4000	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5	1,3	1,5
C. V. (%)	14,9						

Tabela 14A: Efeito das doses de Silicato sobre os teores de Cálcio foliar (mg kg^{-1}).

Tratamentos SiCa Kg.ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	9,4	7,1	8,0	5,2	10,5	9,4	8,8
500	11,3	8,9	9,3	10,2	13,3	10,6	10,6
1000	11,4	11,7	11,0	10,9	13,1	10,4	11,4
2000	12,7	14,1	11,0	12,3	14,1	12,4	11,8
4000	11,6	12,4	10,2	14,0	11,6	12,5	12,1
C. V. (%)	9,3						

Tabela 15A: Efeito das doses de Si sobre a % folhas atacadas por Cercosporiose.

Tratamentos SiCa Kg.ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	51,8	29,5	46,4	51,7	12,1	30,0	36,9
500	25,8	36,9	29,1	24,0	28,6	35,3	30,0
1000	37,5	33,4	42,1	35,2	21,8	51,1	36,9
2000	27,5	22,5	19,2	24,6	16,1	45,7	25,9
4000	52,1	29,1	35,8	20,3	24,3	17,2	29,8
C. V. (%)	29,0						

Tabela 16A: Efeito das doses de Si sobre o volume da copa do cafeeiro (m^3).

Tratamentos SiCa Kg.ha^{-1}	Blocos						Média
	1	2	3	4	5	6	
0	0,004	0,003	0,006	0,008	0,006	0,005	0,005
500	0,007	0,003	0,005	0,009	0,008	0,009	0,007
1000	0,005	0,005	0,008	0,008	0,004	0,007	0,006
2000	0,004	0,005	0,010	0,012	0,006	0,007	0,007
4000	0,005	0,003	0,012	0,008	0,006	0,005	0,007
C. V. (%)	32,8						