

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

**A PRODUÇÃO DE MILHO SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E  
SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO**

**GUILHERME SALIS UITDEWILLIGEN**

**GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER**  
(Orientador)

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

Uberlândia – MG  
Junho – 2004

**PRODUÇÃO DE MILHO SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E  
SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO**

**APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 23/06/2004**

---

**Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer**  
(Orientador)

---

**Dr. Antonio Nolla**  
(Membro da Banca)

---

**Prof. Dr. Paulo César de Melo**  
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG  
Junho -2004

## **OFERECIMENTOS**

Ofereço este trabalho aos meus pais, Wilhelmus Uitdewilligen, Helena Maria Salis  
Uitdewilligen, minha irmã Mariane Salis Uitdewilligen, e minha namorada Vanessa  
Delfino, pelo carinho, empenho, esforços e credibilidade depositados em mim para que  
pudesse alcançar esta vitória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo amor, oportunidade e saúde.

Ao senhor JESUS por ter-me concedido forças e sempre ter estado comigo em todos os momentos de minha vida, sem ele, não conseguiria alcançar esta vitória. Pois hoje é o amanhã que tanto nos preocupava ontem.

Ao meu orientador, Prof. Gaspar Henrique Korndörfer, por seus ensinamentos, orientações e pela amizade, além de sua contribuição na formação profissional e cultural.

Aos amigos Everton Rodrigues da Silva e Rogério Gaudard de Oliveira, que participaram diretamente deste trabalho, e aos que e indiretamente contribuíram neste trabalho.

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	05
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	06
<b>2.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	08
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	12
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	15
4.1 Produtividade.....	15
4.2 Altura de plantas.....	16
4.3 Número de plantas por metro linear.....	18
4.4 Correção do pH.....	18
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	20
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	21
<b>7. ANEXOS</b> .....	24

## Resumo

O presente trabalho teve por objetivo comparar o efeito do calcário e do silicato de cálcio e magnésio, quanto à capacidade de correção da acidez do solo e produtividade do milho. O ensaio foi realizado na fazenda Vale Verde, do proprietário Antonio Carlos de Oliveira, localizada no distrito de Martinésia. O local de instalação do experimento era uma pastagem degradada, onde era necessária a correção do solo. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC), composto de 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: 1 - 2000 kg ha<sup>-1</sup> de Si; 2 - 1500 kg de Si + 500 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 3 - 1000 kg de Si + 1000 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 4 - 500 kg de Si + 1500 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 5 - 2000 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 6 - 0 kg de Si + 0 kg ha<sup>-1</sup> de Ca. As variáveis analisadas foram o pH do solo, a produtividade da cultura e altura de plantas. Em relação à produtividade, verificou-se um incremento gradativo da mesma, quando aumentou-se as doses de silicato e de calcário em relação a testemunha, porém os tratamentos com teores maiores de silicato demonstraram melhores resultados ao longo do experimento, sendo o tratamento 1 o que obteve maior produtividade, enquanto o tratamento 6 (testemunha) apresentou a menor produtividade. Em relação ao pH do solo e altura de plantas, não houve diferenças estatísticas entre os respectivos tratamentos. Pode-se concluir que o silicato foi mais eficiente que o calcário, proporcionando um melhor desenvolvimento da cultura, reafirmando os resultados em produtividade.

## **1. INTRODUÇÃO**

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

A utilização de corretivos de acidez do solo objetiva a neutralização (diminuir ou eliminar) da acidez e a aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente cálcio e magnésio. O material mais utilizado tem sido o calcário. Porém os silicatos (escórias), são atualmente utilizados porque além de corrigir a acidez do solo, são fornecedores de Si, um elemento químico merecedor de destaque por causar benefícios às plantas.

Considerando que nos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto, um dos maiores problemas é a incorporação de corretivos ou condicionadores de solo, a utilização de novos produtos que substituam, principalmente o calcário, com desempenho igual ou superior e que seja mais eficiente na correção do solo em profundidade é muito

interessante. O silicato tem sido uma opção que se destaca por sua solubilidade, que é aproximadamente 6 vezes maior que a do calcário, além da maior capacidade que este tem de deslocar no perfil do solo em profundidade.

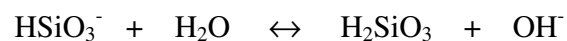
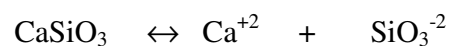
Assim o objetivo desse trabalho foi comparar o efeito do calcário e do silicato de cálcio e magnésio quanto à capacidade de correção da acidez do solo, teores de silício na planta e produtividade do milho.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Silicatos e calcário

Os silicatos são corretivos de acidez, fornecedores de Ca e Mg, assim como o calcário. Segundo Alcarde (1992) as reações de materiais silicatados que ocorrem no solo são:



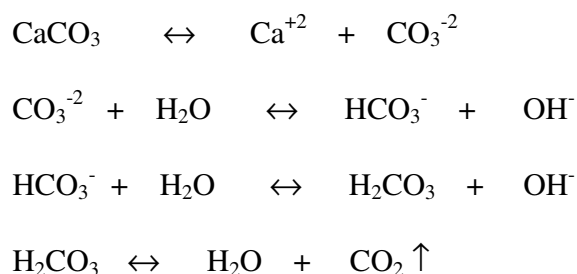
Os silicatos devem ser comercializados na forma de pó e quanto mais finamente moídos, maior sua reatividade e eficiência agrônômica. Os efeitos benéficos da aplicação de silicatos de Ca e Mg normalmente estão associados ao aumento na disponibilidade de Si,

à elevação do pH e ao aumento de Ca e Mg trocável do solo. Os silicatos podem também, atuar na redução da toxicidade de Fe, Mn e Al, às plantas (Korndörfer et al., 2002).

A espécie iônica predominante de silício em solução, abaixo do pH 8 é  $H_4SiO_4$  (Elgawhary e Lindsay., 1972). Tal espécie, presente em solução, está em equilíbrio com a sílica adsorvida na fase sólida. A adição de formas sólidas parcialmente solúveis promoverá incremento de  $H_4SiO_4$  em solução.

Os minerais silicatados estão em equilíbrio com o  $H_4SiO_4$  em solução, e só solubilizarão quando a concentração em solução se reduzir. No entanto, estando na forma molecular ou aniônica ( $H_4SiO_4$ ), o silício apresenta tendências de lixiviação (Baker e Scrivner., 1985).

O carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ), obtido pela moagem da rocha calcária, é um corretivo de acidez e fornecedor de Ca (Alcarde., 1992), como pode ser verificado abaixo:



Por ser um produto pouco móvel no solo, e devido às dificuldades de incorporação do carbonato de cálcio no solo, principalmente em função da adoção do sistema plantio direto, não se consegue, em curto prazo, corrigir eficientemente a acidez do solo em profundidade. Neste caso, o sistema radicular das plantas fica limitado às zonas corrigidas pelo carbonato de cálcio, não se aprofundando no perfil, diminuindo a capacidade de resistência destas plantas na época de estiagens prolongadas (Ferreira et al., 1987).

Os critérios de recomendação de calagem são variáveis segundo os objetivos e princípios analíticos envolvidos, e o próprio conceito de necessidade de calagem (NC) (prática que proporcionam adicionar cálcio e magnésio e elevar o pH do solo, com isso liberar nutrientes e fixar alumínio e manganês tóxicos) irá depender do objetivo dela. Assim, Raij (1981) diz que a necessidade de calagem é a quantidade de corretivo de acidez necessária para neutralizar a acidez do solo, de uma condição inicial até um nível desejado de acordo com a cultura a ser instalada na área.

Quanto à quantidade de silicatos a ser aplicado ao solo, deve ser baseada em qualquer um dos métodos de recomendação de calagem, isso porque os silicatos de Ca e Mg apresentam comportamento e composição semelhantes à dos carbonatos, podendo substituir os calcários com vantagens, devido a correção da acidez do solo e fornecimento de silício disponível para planta. Em solos com pH e ou saturação por bases em níveis desejáveis de acordo com a cultura implantada, ou que será implantada, visando exclusivamente, o fornecimento de Si, de modo geral, não tem sido recomendado a aplicação de doses superiores a  $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de silicato (Korndörfer et al., 2002).

Os agregados siderúrgicos (escórias) são as fontes mais abundantes e baratas de silicatos. As altas concentrações de silicatos de Ca e Mg nas escórias sugerem sua utilização como corretivos de acidez do solo e como fonte de Ca e Mg para as plantas. Assim como no calcário, a reatividade da escória varia conforme sua granulometria, dosagem utilizada, tipo de solo e com o tempo de contato da escória com o solo (Piau., 1991; Novais et al., 1993; Amaral Sobrinho et al., 1993; Oliveira et al., 1994).

Uma correção do solo bem feita, neutralizara o alumínio do solo e fornecerá Ca e Mg como nutrientes. Além disto, promoverá um aumento na disponibilidade de fósforo e

de outros nutrientes no solo, assim como a capacidade de troca de cátions efetiva e da atividade microbiana, além de outros benefícios.

A correção possibilita um maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, facilitando mais a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pela cultura. Deve – se salientar que, com o aumento do pH, pode ocorrer redução na disponibilidade de micronutrientes como Zn, Mn, Cu e Fe. Entre tanto com adição das doses de micronutrientes recomendadas pela pesquisa, não tem havido problemas de disponibilidade. A quantidade de corretivo a ser utilizada depende do tipo de solo e do sistema de produção a ser desenvolvido. Na nossa região o método mais utilizado para determinar necessidade de calagem e o que se baseia nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis.

O efeito do Si em situações de estresses climático, hídrico e nutricional tem sido comprovado (Datnoff,2001). A dinâmica deste elemento no solo é de fundamental importância para as plantas, principalmente as acumuladoras. Este elemento químico está envolvido em funções físicas de regulação da evapotranspiração, sendo capaz de formar uma barreira de resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias no interior da planta, dificultando também o ataque de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1999). Este efeito da proteção mecânica do Si nas plantas é atribuído, principalmente, ao seu depósito na forma de sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), na parede celular. A acumulação de sílica nos órgãos de transpiração (caule e folhas) provoca a formação de uma camada de sílica abaixo da epiderme, a qual, pela redução da transpiração, faz com que a perda de água pelas plantas seja menor (Korndörfer et al., 2002).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

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

Foi desenvolvido um estudo na fazenda Vale Verde, localizada no distrito de Martinésia. Retirou – se uma amostra do solo para realizar os cálculos de necessidade de calagem ou silicatagem.

Como o local de instalação do experimento era uma pastagem degradada, foi feita a análise de solo e em seguida realizou – se uma aração e uma gradagem para descompactar e uniformizar o terreno. Utilizou – se o delineamento de blocos casualizados (DBC), com 4 repetições, o programa estatístico utilizada para realizar os teste de comparações de médias foi o sanest a 5% de probabilidade. Os tratamentos foram realizados com somente silicato, calcário e silicato + calcário na mesma parcela, como pode ser observado na Tabela 02.

TABELA 01: Análise de solo

pH em água	P	K	AL	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m
	mg/dm <sup>3</sup> .					cmolc./dm <sup>3</sup> .			%		
5,2	0,2	58	0,4	0,6	0,3	5	1	1,43	6,08	17	28

TABELA 02: Tratamentos e doses (kg.ha<sup>-1</sup>) utilizados.

Tratamentos	Silicato	Calcário
1	2000	0
2	1500	500
3	1000	1000
4	500	1500
5	0	2000
6	0	0

Os tratamentos foram dispostos desta maneira para que se pudesse observar a influência do calcário e do silicato, na correção do solo e no aumento de produtividade da cultura do milho.

A aplicação dos corretivos foi realizada com um distribuidor de calcário (Lancer 5000). Após as aplicações dos corretivos, foi realizada uma gradagem para incorporação dos materiais, após um período de 45 dias realizou – se outra operação de gradagem que foi seguida da semeadura do milho (Híbrido Dekalb 747). A adubação de semeadura foi de 420 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado de 08 – 28 – 16 (N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K<sub>2</sub>O), e na cobertura foi utilizado 180 kg.ha<sup>-1</sup> de 30 - 00 – 20.

A colheita foi realizada de maneira manual, colhendo – se 2 linhas centrais de 5 metros de comprimento sendo duas coletas de dados por tratamento, para que se pudesse obter maior representatividade do experimento, para posterior análise. Foram avaliadas alturas de plantas, estande final e produção por área.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produtividade

Notou – se um aumento gradativo de produtividade quando se aumentou as doses de silicato e de calcário em relação a testemunha, porém, não significativo como pode ser observado no anexo 01. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% (teste Tukey). As doses de silicato mantiveram – se melhores ao longo de todo experimento. Como pode ser observado na Figura 01

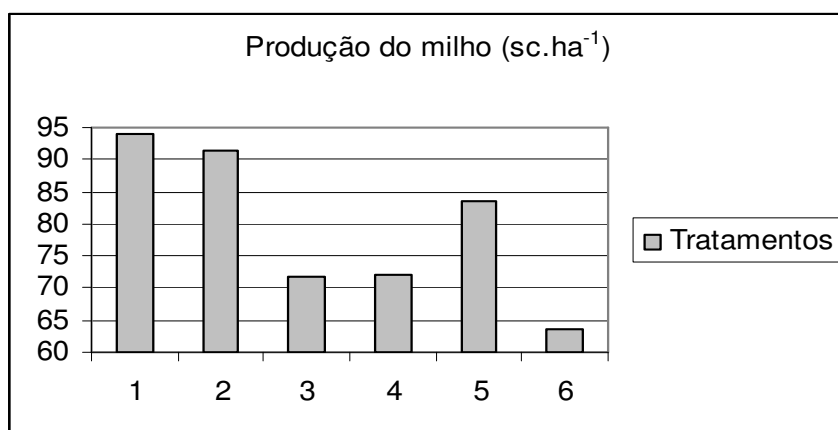


FIGURA 1: Produtividade dos tratamentos

Coeficiente de variação: 14,6%



Na dose de 2000 e 1500 kg.ha<sup>-1</sup> de silicato foi possível observar um incremento de produtividade, deferindo estatisticamente das médias da testemunha. O calcário mesmo apresentando médias de produção maior que a testemunha, não deferiu estatisticamente desta. A diferença de quase onze sacos por hectare entre o tratamento com 2000 kg de silicato e de 2000 kg de calcário se deve a presença de silício no tratamento.

Faria (2000), também, constatou aumento na produtividade de arroz em função das doses de Si aplicadas. Independentemente do tipo de solo utilizado, houve um aumento linear da produção de grãos que variou de 38,6 para 54,3g.vaso-1 na Areia Quartzosa e de 60,6 para 79,0g.vaso-1 no Latossolo Vermelho – amarelo, respectivamente para as doses de 0 a 600 kg.ha-1 de Si.

#### 4.2 Altura de Plantas

Quanto a altura de plantas, nenhum tratamento deferiu estatisticamente, porém o tratamento com a dose máxima de silicato a altura média das plantas foi de aproximadamente 10% superior a testemunha, como pode ser observado na Tabela 3 e nas fotos subsequentes.

TABELA 3: Altura de plantas nos tratamentos

Tratamento	Altura de plantas (m)	Teste de Tukey a 5%
1	1.69	a
2	1.68	a
3	1.66	a
4	1.56	a
5	1.58	a
6	1.55	a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% (teste Tukey).

Isto pode ter refletido na produção final dos tratamentos, pois plantas de maior porte possuem maior área foliar e conseqüentemente maior área fotossintética.

Korndörfer & Gascho (1999) estudando a alteração das características químicas de um solo cultivado com arroz observaram que tanto os parâmetros de solo como os de plantas foram significativamente afetados pelas fontes e doses de Si utilizadas. Durante os estágios iniciais (3 semanas), diferenças no hábito de crescimento (plantas mais eretas), altura da planta, produção de matéria verde e coloração das folhas do arroz foram mais favoráveis nos tratamentos com silicato de Ca, Wollastonita e termofosfato, se comparados com as demais fontes.

#### 4.3 Número de plantas por metro linear

Quanto ao número de plantas, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, porém nos tratamentos com as maiores doses de silicato, identificou – se que a população final de plantas por hectare foi de até 6% superior. Dado que pode ser observado na Tabela 4.

TABELA 4: Numero de plantas por metro linear

Tratamento	Nº plantas 20 m linear	Teste de Tukey a 5%
1	82.00	a
2	83.25	a
3	79.75	a
4	78.25	a
5	81.75	a
6	79.25	a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% (teste Tukey).

Convertendo os números da tabela para plantas por metro linear, obtém – se uma diferença de 0,25 plantas por metro linear, do maior para o menor resultado.

#### 4.4 Correção do pH do Solo

A elevação do pH não deferiu estatisticamente entre si, porém os tratamentos com doses maiores de silicato em relação as doses de calcário mostraram – se superiores, como pode ser observado na Tabela 5.

TABELA 5: Elevação do pH em água

Tratamento	pH	Teste de Tukey a 5%
1	6.5	a
2	6.6	a
3	6.2	a
4	5.8	a
5	6.1	a
6	5.7	a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% (teste Tukey).

Os efeitos do Si em aliviar o papel do Al também têm sido registrados em muitas culturas, incluindo milho, algodão, arroz, sorgo e aveia (Cocker et al., 1998). Recentemente, tem sido demonstrado que o Si pode melhorar o efeito tóxico do Al em culturas hidropônicas. O mecanismo de melhora é obscuro, mas três sugestões tem sido colocadas para explicar: o Si induziria o aumento do pH na solução do solo durante o

preparo das soluções hidropônicas, reduzindo a disponibilidade do Al devido a formação de tipos de hidróxidoaluminosilicatos naquelas soluções durante o desenvolvimento da planta ou desintoxicação do planta (Cocker et al., 1998).

## **5. CONCLUSÃO**

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que:

Neste experimento, constatamos que o silicato foi mais eficiente do que o calcário, proporcionando um melhor desenvolvimento da cultura, reafirmando os resultados em produtividade.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

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

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

COCKER, K. M.; EVANS, D. E.; HODSON, M. J. The amelioration of aluminium toxicity by silicon in higher plants: solution chemistry or in plant mechanism. *Physiol. Plant*, v. 104, p.608-614, 1998.

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

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

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

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

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

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

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

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

Korndörfer, G. H.; Gascho, G. J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. In: Congresso Brasileiro de arroz irrigado, 1. Reunião da cultura do arroz irrigado. 23. Pelotas, 1999. Anais. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.313-316.

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

OLIVEIRA, A.C.; HAHNE, H.; BARROS, N.F. & MORAIS, E.J. Uso de escórias de alto forno como fonte de nutrientes na adubação florestal. Seminário sobre o uso de resíduos florestais e urbanos em florestas. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1994, p. 77-96.

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

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



## **ANEXO**

TABELA A: Produtividade dos tratamentos

Tratamento	Produção (sc ha <sup>-1</sup> )	Teste de Tukey a 5%
1	94,08	a
2	91,47	a
3	71,77	ab
4	72,05	ab
5	83,56	ab
6	63,52	b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% (teste Tukey).

Coefficiente de variação: 14,6%