

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

CÍNTIA FERNANDES DE LIMA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA E RENDIMENTO AGRÍCOLA DE CULTIVARES
DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DE DOSES DE AGREGADO SIDERÚRGICO**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2010**

CÍNTIA FERNANDES DE LIMA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA E RENDIMENTO AGRÍCOLA DE CULTIVARES
DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DE DOSES DE AGREGADO SIDERÚRGICO**

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

Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer

**Uberlândia – MG
Novembro - 2010**

CÍNTIA FERNANDES DE LIMA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA E RENDIMENTO AGRÍCOLA DE CULTIVARES
DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DE DOSES DE AGREGADO SIDERÚRGICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 15 de Novembro de 2010.

Eng^o. Agr^o. Robson Thiago Xavier de Sousa
Membro da Banca

Eng^a. Agr^a. Ivaniele Nahas Duarte
Membro da Banca

(Prof. Gaspar Henrique Korndörfer)
Orientador

Dedico este trabalho à minha família que sempre esteve ao meu lado em todas as minhas escolhas e decisões. Obrigada por tudo o que vocês significam para mim.

AGRADECIMENTOS:

Agradeço primeiramente a Deus pelas graças e proteção que sempre me proporciona

À minha família, que é o meu alicerce e está ao meu lado nos momentos mais difíceis

Ao professor Gaspar Henrique Korndörfer e o Grupo de Pesquisa de Silício na Agricultura pela oportunidade

Ao Engenheiro Agrônomo Robson Thiago Xavier de Sousa pelo apoio de sempre

Aos meus amigos que estão sempre presentes, participando das minhas conquistas e contribuindo para que elas aconteçam

Obrigada a FAPEMIG pela bolsa de iniciação científica e apoio financeiro.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1. Si no solo e na planta.....	8
2.2. Uso dos agregados siderúrgicos como fonte de Si para as plantas.....	9
2.3. Parâmetros tecnológicos	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	26

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma espécie acumuladora de silício (Si), capaz de responder à adubação silicatada, principalmente, em solos pobres desse elemento. Os agregados siderúrgicos constituem em uma interessante fonte de Si para aplicação em solos cultivados com essa cultura. Objetivou-se estudar o efeito de doses de agregado siderúrgico na quantidade de açúcar produzido e melhoria dos parâmetros tecnológicos de duas cultivares de cana-de-açúcar. Conduziu-se o experimento, em Uberlândia-MG, entre 15 de agosto de 2007 a 02 de maio de 2008. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, sendo duas cultivares de cana-de-açúcar (SP81 – 3250 e RB86 – 7515) e quatro doses de Si (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) em quatro repetições. A cana foi cultivada em tambores plásticos (200 L). A cultivar de cana-de-açúcar RB86-7515 apresentou os maiores valores médios de °Brix, Pol%, PCC%, ATR e Pureza do caldo, quando comparada a cultivar SP81-3250. As cultivares apresentaram diferentes respostas quando da aplicação de silício objetivando melhorias nos parâmetros tecnológicos da cana. Nem todos os parâmetros tecnológicos analisados foram influenciados pela aplicação de doses crescentes de agregado siderúrgico. A aplicação de agregado siderúrgico não trouxe incremento na quantidade de açúcar produzida por vaso.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, silício, parâmetros tecnológicos.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), com produção de 612,2 milhões de toneladas, numa área de 7,53 milhões de hectares, na safra de 2009/2010. A Região Centro-Sul participa com 87,43% do percentual nacional e detém aproximadamente 82,37% da área plantada com esta cultura no país. O estado de São Paulo é o maior produtor, 60% da safra nacional, enquanto que as Regiões Norte-Nordeste detêm os 17,63% restantes. A área plantada com cana-de-açúcar no Brasil aumentou 6,7% (473,2 mil hectares) à da safra anterior, com produtividade de aproximadamente 82,6 kg ha⁻¹ (CONAB 2009).

A adubação da cana-de-açúcar com fontes de silício (Si) tem mostrado resultados positivos, particularmente em solos com deficiência desse elemento disponível para as plantas, como é o caso de muitos dos solos brasileiros cultivados com essa cultura. Dentre os benéficos da adubação silicatada para a cana-de-açúcar citam-se o aumento da eficiência fotossintética e da resistência ao ataque de pragas e doenças, maior tolerância à falta de água durante os períodos de baixa umidade do solo (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995), além de alívios de danos causados por geada e da melhoria na arquitetura das plantas (SAVANTE et al., 1999), o que reflete em melhorias na qualidade tecnológica e aumentos de produtividade.

A aplicação de silicato finamente moído ao solo é prática comercial no Havaí e em outras partes do mundo, devido aos aumentos de produtividade promovidos na cultura da cana-de-açúcar. Os efeitos positivos dos silicatos são normalmente associados ao aumento na disponibilidade do Si-solúvel, ao efeito do pH e, também, de micronutrientes que estes produtos podem conter. Além disso, o Si neles presente pode atuar na redução do Fe e Mn tóxicos para as plantas (KORNDORFER; DATNOFF, 1995).

Diversos estudos têm demonstrado os efeitos positivos da aplicação de escória de siderurgia, resíduos da produção de ferro-gusa, produtos à base de silicato de cálcio e magnésio, a aumentos de produtividade da cana-de-açúcar (PRADO; FERNANDES 2000 e KORNDÖRFER et al., 2002). Porém, seu emprego na agricultura brasileira é restrito, embora seja um destino viável agronomicamente para aproveitamento de parte desses subprodutos da indústria siderúrgica (PRADO; FERNANDES, 2000).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de doses de agregado siderúrgico na qualidade tecnológica e quantidade de açúcar produzido por duas variedades de cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Si no solo e na planta

As plantas absorvem o Si da solução do solo e o transporta via xilema sob a forma de ácido monossilícico. Sua distribuição nos tecidos vegetais relaciona-se diretamente à taxa transpiratória dos diferentes órgãos da planta, com variação, também, conforme a espécie. Assim, no grupo das acumuladoras de Si, com 10 e 15% de SiO_2 , o qual inclui as gramíneas como arroz e cana-de-açúcar, alguns cereais e poucas dicotiledôneas, há maior concentração desse elemento na parte aérea. Já nas não acumuladoras, como a maioria das dicotiledôneas, com menos de 0,5% de SiO_2 , sua distribuição é uniforme em algumas espécies, enquanto que em outras há maior acúmulo nas raízes. O Si acumulado na planta encontra-se, em sua maior proporção, na forma de sílica amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (FAQUIN, 1994).

Aumentos na disponibilidade de Si no solo são normalmente acompanhados por acréscimo da concentração desse elemento nas plantas, com resultados positivos no crescimento e na produtividade de diversas gramíneas, especialmente arroz e a cana-de-açúcar. O acúmulo de sílica nos órgãos de transpiração leva à formação de uma dupla camada de sílica logo abaixo da epiderme, a qual age como barreira mecânica contra a invasão de fungos e insetos (KORNDÖRFER et al., 2005). O Si acumulado é responsável por efeitos protetores contra estresses bióticos, pela prevenção contra a penetração física de insetos e/ou por tornar as células das plantas menos suscetíveis à degradação enzimática por fungos patogênicos (ALVARES; DATNOFF, 2001).

Segundo Raij (1991), as concentrações de Si nas gramíneas chegam a ser de 10 a 20 vezes maiores do que nas dicotiledôneas. Isso se dá pelo fato das gramíneas absorverem o Si da solução do solo de forma passiva, ou seja, o mesmo acompanha o fluxo de água que penetra nas raízes, ao passo que nas dicotiledôneas há mecanismos que evitam a absorção de quantidades elevadas do mesmo.

Dentre as múltiplas funções do Si em benefício das plantas, citam-se o seu papel na complexação do alumínio presente na solução do solo, com formação de Al-Si, e consequente redução da sua toxidez. Nas raízes, o Si polimeriza-se em sílica, a qual age na redução da captação de manganês pelas plantas e alivia, por conseguinte, estresses causados por esse elemento. Além disso, o Si melhora a disponibilidade de fósforo no interior dos tecidos vegetais, com consequente redução da deficiência do mesmo para as plantas (MA; TAKAHASHI, 2002). Os mesmos autores citam que a deposição de sílica no caule das plantas aumenta sua resistência e previne o acamamento, enquanto que nas folhas, reduz a

transpiração, com alívios de estresses hídricos e salinos. A sílica contribui também para a manutenção das folhas eretas e diminui os efeitos causados pelo excesso de nitrogênio, bem como aumenta a resistência das plantas a estresses bióticos.

2.2. Uso dos agregados siderúrgicos como fonte de Si para as plantas

Apesar da grande quantidade disponível de resíduos industriais, aproximadamente três milhões de toneladas por ano, no Brasil, estes materiais são pouco empregados na agricultura, diferentemente de outras partes do mundo, como o Japão, onde o emprego dos resíduos é amplamente estudado e aplicado às atividades agrícolas (PRADO; FERNANDES, 2001).

A composição química das escórias varia de acordo com a matéria-prima utilizada para a fundição do ferro e do aço. Dentre os principais constituintes de um agregado siderúrgico destaca-se a grande concentração de óxidos de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Silício (Si), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) (PRADO; FERNANDES, 2001). A presença dos silicatos de cálcio e magnésio na composição química das escórias resume a potencialidade de seu uso na agricultura, já que a reação destes materiais no solo promove a correção da acidez do solo (KORNDÖRFER et al., 2004).

Os agregados siderúrgicos já vêm sendo utilizadas na agricultura em diversas partes do mundo. Em alguns países asiáticos como o Japão e Taiwan, utiliza-se anualmente de 1,5 a 2,0 t ha⁻¹ de agregados siderúrgicos, principalmente na cultura do arroz, visando os benefícios que o silício traz para esta cultura e os eventuais aumentos significativos de produtividade destas plantas (LIAN, 1976).

Um agregado siderúrgico para ser usado na agricultura deve apresentar granulometria adequada, ação neutralizante da acidez do solo e presença de elementos nutrientes. Além dessas características positivas, a presença de metais pesados deve ser analisada pelo aspecto ambiental de contaminação do solo e das coleções hídricas superficiais e subterrâneas.

Prado e Fernandes (2000) demonstraram que a aplicação de agregados siderúrgicos, produto à base de silicato de cálcio, reduziu significativamente a senescência das folhas de cana-de-açúcar de 35,6% para 26,9%. Para esses mesmos autores, o uso desse material como fonte de Si para essa cultura pode incrementar ainda mais sua taxa fotossintética, em razão do prolongamento da vida útil das folhas, com reflexos na produtividade. Korndörfer et al., (2002) citam que plantas adubadas com Si possuem as folhas mais eretas e, em consequência disso são mais eficientes quanto à capacidade de absorção da luz solar e de realizar fotossíntese.

2.3. Parâmetros tecnológicos

O rendimento em açúcar depende da tonelagem de cana, do teor de açúcar e de sua qualidade (DOORENBOS; KASSAN, 1979). O conteúdo de açúcar da cana é de extrema importância, pois é dele que os produtos são obtidos; além do aspecto quantitativo, que afeta o rendimento do processo, é importante a uniformidade de maturação da matéria-prima para corte; o teor de sacarose, principal açúcar do caldo de cana, pode ser estimado em amostras representativas, por meio de várias técnicas analíticas (AOAC, 1984). De acordo com o estabelecimento da determinação dos parâmetros tecnológicos, tais como Brix (%) (teor de sólidos solúveis), POL (teor de sacarose), PZA (pureza do caldo), fibra e PCC (percentagem de cana bruta), é possível, estabelecer critérios para comercialização da cana .

Ainda que não seja propriamente uma característica de qualidade, o rendimento (kg de sacarose por hectare) é um atributo significativo no sistema de produção. O teor e a pureza da sacarose na cana-de-açúcar são variáveis que dependem de diversos fatores, como condições de clima, fertilidade do solo, adubação, tratos culturais, variedade de cana e idade do canavial, dentre outros. Quanto ao controle de produção, a preocupação deve recair sobre a produtividade da cana-de-açúcar, em termos de sacarose por área plantada (kg de sacarose por hectare), talvez mais do que em termos de toneladas de cana por hectare (SILVA et al., 2003).

Segundo Prado (2000), avaliando a resposta da cana-de-açúcar à aplicação de agregados siderúrgicos como corretivo de acidez do solo, observou que o perfilhamento da cana-de-açúcar foi influenciado positivamente pela aplicação da agregado siderúrgico, na cana-planta, alcançando a produtividade de 11 t ha⁻¹ superior à testemunha. Prado; Fernandes (2001), em um experimento conduzido em condições de campo, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com cana-de-açúcar (SP80-1842), compararam o agregado siderúrgico e um calcário calcítico acrescido com micronutrientes, equilibrando-se com o de agregado siderúrgico, ambos aplicados em doses equivalentes a CaCO₃ iguais a 1,3; 3,6 e 7,5 t ha⁻¹. Essas doses tinham por objetivo elevar a saturação por bases do solo a 50; 75 e 100%. Concluíram que o maior perfilhamento, resultante da aplicação de agregado siderúrgico, contribuiu para o maior rendimento de colmos da cana-de-açúcar. Ayres (1966) trabalhando com cana-de-açúcar obteve 18% de aumento na produtividade e 22% de aumento na produção de açúcar com a aplicação de 6,2 t ha⁻¹ de escória de forno elétrica aplicado num latossolo do Havaí. Em Maurícius, o uso de silicato de cálcio aplicado na dose de 7,1 t ha⁻¹, proporcionou aumentos de produção durante um ciclo de avaliação de 6 anos.

Anderson e Snyder (1991) utilizando 20 t de escória silicatada/ha no plantio, observaram um aumento na produção de cana de 38,8% e de 50% de açúcar.

De acordo com o experimento realizado pela empresa RECMIX (dados não publicados), utilizando como fonte de silício o Agrosilício na dose de 940 kg ha⁻¹, observou-se comparativamente à testemunha um acréscimo médio entre as cultivares (RB86-7515, RB72454, SP81-3250, SP83-2847) de 3% no POL da cana e ATR.

Anderson et al., (1991) e Raid et al., (1992), observaram que a produtividade da cana-de-açúcar e a síntese de açúcar podem aumentar significativamente devido à aplicação de silicatos de cálcio na forma de escória. As maiores respostas são obtidas no primeiro ano após aplicação da escória, quando aumenta a absorção de Si pela planta.

Os efeitos do silício na produção de cana-de-açúcar parecem estar associados a maior resistência a pragas ou a maior tolerância ao estresse hídrico proporcionado pela acumulação deste elemento nas folhas (FARIA, 2000). Além disso, o uso de silício tem promovido melhora na arquitetura da planta e aumento na fotossíntese (DEREN et al., 1993), resultado de uma menor abertura do ângulo foliar, deixando as folhas mais eretas e diminuindo o auto-sombreamento, sobretudo em condições de altas densidades populacionais e altas doses de nitrogênio (BALASTRA et al., 1989). Existem relatos de que o silício induz o aumento da altura das plantas sem consequência de maior comprimento da lâmina foliar (FARIA, 2000).

Os parâmetros tecnológicos analisados na cana-de-açúcar de acordo com o artigo científico publicado na revista de biologia e ciência da terra (Respostas dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação) são:

- ATR (Açúcares totais recuperáveis): representa a quantidade de todos os açúcares da cana na forma de açúcares redutores ou invertidos (ATR), recuperados da cana até o xarope, ou seja, é o resultado da diferença entre o ATR da cana e as perdas na lavagem da mesma, bagaço final, torta dos filtros e “indeterminadas”.
- AR (Açúcares redutores): designa os açúcares (glucose e a frutose, principalmente) que apresentam propriedades de reduzir o óxido de cobre do estado cúprico a cuproso.
- Brix: Sólidos solúveis totais (Brix em %) é a porcentagem, em gramas, de sólidos dissolvidos na água presente em um produto (cana-de-açúcar). A determinação do Brix é feita a partir do caldo extraído da cana-de-açúcar efetuada em refratômetro digital, provido de correção automática de temperatura e ajuste de campo, como saída para impressora e/ou registro magnético, devendo o valor final expresso a 20°C.

- Fibra da Cana: A fibra industrial será em função do peso, em gramas, do material fibroso residual de prensagem (bolo úmido de bagaço) e equivalerá a 0,1005, desse peso expresso em porcentagem.
- POL da Cana: Indica toda a sacarose aparente (pol) contida no caldo absoluto da cana. Consiste na pol determinada por sacarimetria no caldo e pode ser expressa em porcentagem de cana através de cálculo utilizando a porcentagem de fibra da cana.
- POL do Caldo: A determinação do teor de sacarose é realizada após a clarificação do caldo com subacetato de chumbo (Sal de Horne), utilizando-se para esta o sacarímetro automático (ACETEC), provido de polarímetro de fluxo contínuo e com saída para impressora e/ou registro magnético. O funcionamento dos sacarímetros é baseado em princípios físicos tomando como base as propriedades da luz e da natureza ondulatória, determinando assim a concentração de açúcares opticamente ativos, do tipo sacarose.
- Pureza do Caldo: Este parâmetro mede a quantidade de açúcares contidos no caldo, quanto mais elevado for seu valor, implicará numa menor quantidade de impurezas no caldo, conseqüentemente o produto terá maior valor econômico. A pureza é calculada com a porcentagem de sólidos solúveis totais do caldo extraído, após a determinação dos valores de Pol e Brix°.
- Porcentagem de Açúcar Bruto: É um índice que está diretamente relacionado ao valor econômico da tonelada da cana, ou seja, para valores elevados deste índice tem-se valores compatíveis no mercado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, MG, em uma área experimental, sob condições semelhantes às de campo de campo, durante o período compreendido entre 15 de agosto de 2007 a 02 de maio de 2008. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro doses de agregado siderúrgico (silicato de cálcio e magnésio) e duas cultivares de cana-de-açúcar (SP81-3250 e RB86-7515) (Tabela 1).

Tabela 1. Cultivares de cana-de-açúcar, doses de agregado siderúrgico e doses de Si empregados em cada tratamento.

Cultivar de cana	Doses agregado siderúrgico	Doses de Si
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
1. SP81-3250	0	0
2. SP81-3250	890	100
3. SP81-3250	1779	200
4. SP81-3250	3559	400
5. RB86-7515	0	0
6. RB86-7515	890	100
7. RB86-7515	1779	200
8. RB86-7515	3559	400

As características químicas e físicas de agregado siderúrgico utilizada nos experimentos consistem de: formulação pó, PRNT: 85%, CaO: 42%, MgO: 12%, SiO₂: 23%, Si Total: 11,24%, P₂O₅: 0,4%, K₂O:0,2%, SO₄: 4,4%, Fe:8,5%, Mn: 1,4%, Mo: 0,4 mg kg⁻¹ e Zn: 0,1 mg kg⁻¹.

As parcelas experimentais consistiram de um tambor de plástico (Figura 1), com capacidade para 200 L, cheio de terra, contendo três touceiras de cana-de-açúcar. A terra empregada para preencher os tambores foi retirada dos primeiros 20 cm superficiais de um solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura média (77% de areia), fase cerrado tropical subcaducifólio, relevo suave ondulado, situado na fazenda Água Limpa, de propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, no Município de Uberlândia-MG. Os atributos químicos desse solo eram os seguintes:

Tabela 2. Características químicas do solo.

pH água	P me ^h -1	K ⁺	Si	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	M.O.		
	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				dag kg ⁻¹		
5,2	2,7	39	4,3	7,0	0,3	0,3	5,7	1,3		
SB	t	T	V	m	Argila	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	cmol _c dm ⁻³		%			mg dm ⁻³				
1,1	1,4	4,2	27	21	23	0,05	0,6	59	2,4	0,4

**Figura 1** – Tambores plásticos com oito tratamentos e quatro repetições.

Com o propósito de se evitar que as plantas de cana-de-açúcar dos tratamentos que receberam doses maiores de agregado siderúrgico fossem favorecidas pelo Ca e Mg fornecidos pela mesma, procurou-se balancear a quantidade desses elementos nos demais tratamentos, a partir da aplicação de quantidades pré-estabelecidas de calcário com características físicas e químicas semelhantes às da agregado siderúrgico utilizada (PRNT 85%, 42% CaO e 12% MgO). Desse modo, todos os tratamentos recebessem a mesma quantidade desses dois elementos.

Com o objetivo de se fornecer nutrientes em quantidades necessárias ao bom desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar, aplicaram-se, em todos os tratamentos, 100 kg ha⁻¹ nitrogênio (N); 300 kg ha⁻¹ fósforo (P₂O₅) (Sulfato de Amônio e Superfosfato Simples), 300 kg ha⁻¹ potássio (K₂O) (Cloro de Potássio – KCl); 80 kg ha⁻¹ de coquetel de micronutrientes (FTE - BR12), com a seguinte composição, 9% Zn; 1,8% B, 2% Mn, 0,8% Cu, 0,1% Mo e 3% Fe.

Anteriormente ao preenchimento dos tambores com a terra, dividiu-se o volume desta em duas partes iguais (100 Kg cada). Em uma das partes misturaram-se os macro e

micronutrientes, colocando-a, em seguida, dentro do tambor, na porção inferior do mesmo. À segunda parte de terra misturaram-se o calcário e a respectiva dose de escória, colocando-a, em seguida, dentro do tambor, sobre a outra porção de terra (Figura 2). Posteriormente, adicionou-se em cada tambor contendo terra 32 L de água (volume necessário para se atingir cerca de 70% da capacidade de campo da terra), a fim de se promover a reatividade dos produtos adicionados a terra (Figura 3).



Figura 2 – Adição de agregados siderúrgicos.



Figura 3 – Adição de água para reação dos produtos.

As gemas que originaram as mudas de cana foram plantadas no dia 15 de agosto de 2007 e transplantadas para os tambores no dia 13 de setembro do mesmo ano (cerca de um mês após o plantio). Transplantaram-se três (3) mudas para cada tambor (Figura 4). No dia 10 de dezembro de 2007 aplicaram-se $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de ácido bórico por tambor. No dia 17 de dezembro de 2007 (aproximadamente três meses após o transplântio) aplicaram-se 200 kg ha^{-1} de N, sob a forma de sulfato de amônio (20% de N) e, em 21 de dezembro de 2007 aplicaram-se mais 2 kg ha^{-1} de ácido bórico. Em janeiro de 2008 (quatro meses após o transplântio)

coletaram-se folhas +1 (primeira folha do ápice para a base com a lígula completamente visível) das plantas de cana para emprego em análise química foliar.



Figura 4 – Transplante das mudas para o tambor.

Uma vez constatada alta infestação de cigarrinhas-das-raízes (Figura 5) nas plantas de cana, promoveu-se, no dia 13 de março de 2008, aplicação de inseticida thiamethoxan, na proporção de 10 g de produto comercial para 4 L de água, para o controle da mesma. Para aplicação da calda empregou-se um pulverizador manual costal provido de ponta cônica, com o jato dirigido para a base das plantas.



Figura 5 – Infestação de ninfas de cigarrinha das raízes.

A colheita da cana-de-açúcar foi realizada manualmente, no dia 02 de maio de 2008 (nove meses após o transplântio das mudas). Após o corte das plantas, separaram-se folhas (cartucho foliar) e colmos, no ponto de quebra do cartucho (Figura 6). Em seguida, pesaram-se os colmos. Do cartucho foliar obteve-se palmito e folhas, os quais, bem como os colmos, foram moídos, separadamente, e colocados para secar em estufa de circulação de ar, sob temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante. Após seco, cada um dos três materiais

obtidos foi novamente moído, em moinho tipo Willey e, em seguida, o material obtido foi submetido à análise para determinação da concentração de Si.



Figura 6 – Separação do cartucho foliar e colmos.

A absorção do Si pelas plantas foi estimada a partir da produção de matéria seca por parte das mesmas e pelo teor foliar de Si. Para determinação do Si na parte aérea das plantas adotou-se procedimentos analíticos descritos por Korndörfer et al. (2004a).

Após A colheita da cana coletaram-se amostras de terra de cada tambor para emprego em análise Si solúvel, conforme Korndörfer et al., (2004a); pH, Ca e Mg trocáveis, conforme Embrapa (1999).

Foram avaliadas através de análise de laboratório realizada na usina sucroalcooleira Delta os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar (Figura 7):



Figura 7 – Moagem dos colmos para posterior análise da sacarose em laboratório.

Os resultados qualitativos obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância, com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Os resultados quantitativos foram submetidos à análise de regressão, tendo-se empregado, para tanto, o mesmo programa estatístico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultivar de cana-de-açúcar RB86-7515 apresentou os maiores valores médios de °Brix, Pol%, PCC%, ATR e Pureza do caldo, quando comparada a cultivar SP81-3250 (Tabela 3), os quais foram cerca de, respectivamente 3,4%, 6,1%, 6,0%, 5,1% e 2,3% superiores na primeira cultivar em relação à segunda.

Na ausência de aplicação de agregado siderúrgico e quando do emprego desse produto para se fornecerem 100 kg ha⁻¹ Si, os valores de °Brix, PCC% e ATR foram significativamente iguais entre as duas cultivares de cana (Tabela 3). Quando da aplicação de escória para o fornecimento de 200 e 400 kg ha⁻¹ Si os valores de °Brix, PCC e ATR foram superiores na cultivar RB86-7515 (Tabela 3). Quando se empregou dose de escória para se fornecer 200 kg ha⁻¹ Si, os valores de °Brix, PCC e ATR desta cultivar foram cerca de 5%, 9% e 8%, respectivamente, mais elevados em relação àqueles evidenciados pela cultivar SP81-3250. Porém, quando do emprego de 400 kg ha⁻¹ de Si essa diferença foi menor, tendo sido de 4%, 6% e 5%, respectivamente, para esses mesmos parâmetros tecnológicos.

Embora as concentrações de Si acumulado no colmo, folha e planta das duas cultivares de cana tenham sido significativamente iguais na ausência de fornecimento de Si, quando se forneceu 100 kg ha⁻¹ desse elemento por meio da aplicação de agregado siderúrgico, a cultivar SP81-3250 acumulou cerca de 39%, 49% e 52% Si no colmo, folha e planta, em relação a cultivar RB86-7515 (Tabela 4).

No entanto, isso não refletiu em melhoria significativa dos referidos parâmetros tecnológicos nesta cultivar, em relação a cultivar RB86-7515. Tampouco o aumento da concentração de Si afetou consideravelmente os valores dessas características tecnológicas nesta cultivar em relação ao controle.

Porém verificou-se que, quando da aplicação das doses de agregado siderúrgico para o fornecimento de 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ Si, a cultivar SP81-3250 foi a que evidenciou maior acúmulo de Si na planta, quando do emprego dessas mesmas doses desse elemento (Tabela 4). Diante disso, pode-se inferir que, apesar da cultivar RB86-7515 ter acumulado menos Si, em relação a cultivar a SP81-3250, ela se mostrou mais sensível aos efeitos desse elemento, quando submetida à aplicação dessas duas doses de Si, o que teria influenciado positivamente a qualidade dos parâmetros tecnológicos °Brix, PCC e ATR na mesma. Neste caso, a melhor dose de Si estaria compreendida entre 200 e 400 kg ha⁻¹.

Tabela 3. Parâmetros tecnológicos °Brix (%), Pol (%), PCC(%), ATR e Pureza do caldo de duas cultivares-de cana-de-açúcar, conforme doses de silício aplicadas.

Dose de Silício kg ha ⁻¹	Variedade		Média
	SP81-3250	RB86-7515	
	°Brix (%)		
0	17,03 a	17,50 a	17,27
100	17,08 a	17,43 a	17,26
200	17,05 b	17,93 a	17,49
400	17,13 b	17,75 a	17,44
Média	17,07 B	17,65 A	
CV: 2,30 %	DMS (variedade): 0,59	DMS (média): 0,29	P(doses)>0,05
	Pol (%)		
0	13,64 b	14,46 a	14,05
100	13,70 a	14,34 a	14,02
200	13,81 b	14,96 a	14,39
400	14,04 a	14,81 a	14,43
Média	13,80 B	14,64 A	
CV: 3,85 %	DMS (variedade): 0,80	DMS (média): 0,40	P(doses)>0,05
	PCC (%)		
0	11,64 a	12,28 a	11,96
100	11,79 a	12,15 a	11,97
200	11,71 b	12,80 a	12,26
400	11,84 b	12,56 a	12,20
Média	11,75 B	12,45 A	
CV: 3,95 %	DMS (variedade): 0,70	DMS (média): 0,35	P(doses)>0,05
	ATR (kg t ⁻¹)		
0	117,95 a	123,30 a	120,63
100	119,40 a	122,10 a	120,75
200	118,25 b	128,06 a	123,16
400	119,19 b	125,69 a	122,44
Média	118,70 B	124,79 A	
CV: 3,45 %	DMS (variedade): 6,18	DMS (média): 3,09	P(doses)>0,05
	Pureza do caldo (%)		
0	81,08 b	82,61 a	81,85
100	80,17 a	82,26 a	81,22
200	80,97 b	83,43 a	82,20
400	81,94 a	83,42 a	82,68
Média	81,04 B	82,93 A	
CV: 1,95 %	DMS (variedade): 2,35	DMS (média): 1,17	P(doses)>0,05

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Tabela 4. Quantidades de Si acumulado no colmo, folhas e planta de duas cultivares de cana-de-açúcar, conforme doses de silício aplicada no solo.

Doses Si kg ha ⁻¹	Cultivar	
	Si acumulado no colmo (g/vaso)	
	SP81-3250	RB86-7515
0	2,54 a	2,02 a
100	3,67 a	2,64 b
200	3,31 a	2,73 a
400	4,17 a	3,07 b
Média	3,42 A	2,62 B
CV: 19,45%	DMS (variedade): 0,86	DMS (média): 0,43
Si acumulado nas folhas (g/vaso)		
0	8,62 a	7,76 a
100	12,01 a	8,06 b
200	13,00 a	8,90 b
400	11,84 a	11,63 a
Média	11,37 A	9,09 B
CV: 23,37%	DMS (variedade): 3,51	DMS (média): 1,76
Si acumulado na parte aérea (g/vaso)		
0	13,65 a	10,97 a
100	18,27 a	12,00 b
200	18,58 a	13,19 b
400	18,75 a	16,17 b
Média	17,31 A	13,08 B
CV: 18,99%	DMS (variedade): 4,24	DMS (média): 2,12

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Segundo relato de Prado (2002), o emprego de agregado siderúrgico não influenciou o valor de °Brix da cultivar de cana SP80-1842, embora tal prática tenha resultado em aumentos de rendimento de colmos, o qual apresentou efeito linear com a variável ATR. Conforme este mesmo autor, cada tonelada de colmos de cana-de-açúcar esteve associada à produção de 122 kg ha⁻¹ açúcar. Em contraste, Leite et al., (2008) verificaram que o valor de ATR da cultivar de cana SP80-1816 não foi afetada pela aplicação das diferentes fontes e doses de silicato de cálcio.

A cultivar RB86-7515 evidenciou maiores valores de Pol e Pureza de caldo, tanto na ausência de aplicação de escória quanto quando se empregou dose desse produto para o fornecimento de 200 kg ha⁻¹ Si (Tabela 3). Quando não fez aplicação de agregado siderúrgico, a cultivar RB86-7515 apresentou valores de Pol% e Pureza do caldo cerca de 6% e 2%, respectivamente, mais elevados, em relação àqueles apresentados pela cultivar SP81-3250, enquanto que quando se forneceu 200 kg ha⁻¹ Si essa diferença foi de 8% e 3%, respectivamente. Isso sugere que, embora a cultivar RB86-7515 tenha potencial natural para apresentar maiores valores de Pol% e Pureza do caldo, quando comparada a cultivar SP81-

3250, o emprego de agregado siderúrgico para o fornecimento de 200 kg ha⁻¹ Si teria favorecido a melhoria desses parâmetros tecnológicos na mesma, sendo que, neste caso, a melhor dose de Si estaria compreendida entre 200 e 400 kg ha⁻¹.

Embora a cultivar SP81-3250 tenha apresentado menores valores de Pol e Pureza do caldo, em relação a cultivar RB86-7515, na ausência de aplicação de agregados siderúrgicos, verificou-se uma tendência de aumento nos valores desses dois parâmetros tecnológicos nesta cultivar, com o aumento das doses desse produto (Tabela 3). Conforme se constatou, quando do emprego da maior dose de escória para o fornecimento de 400 kg ha⁻¹ Si, os valores de Pol% e Pureza do caldo desta cultivar se elevaram em relação às doses menores e praticamente se igualaram aos da cultivar RB86-7515. Prado (2002), por sua vez, ao estudar o efeito da aplicação de agregados siderúrgicos sobre as características tecnológicas da cultivar de cana-de-açúcar SP80-1842, verificou ausência de resposta da mesma quanto a esses dois parâmetros tecnológicos.

O valor médio de AR% foi cerca de 10% mais elevado na cultivar SP81-3250, em relação a cultivar RB86-7515. No entanto, ao se considerarem as doses de agregados siderúrgicos, verificou-se que as duas cultivares apresentaram diferença significativa quanto a esse parâmetro tecnológico apenas na ausência de aplicação de escória e quando do emprego de dose desse produto para o fornecimento de 100 kg ha⁻¹ Si. Nestes casos, a cultivar SP81-3250 produziu cerca de, respectivamente, 11% e 10% mais AR% que a cultivar RB86-7515 (Tabela 5). Pode-se, portanto, inferir que a cultivar SP81-3250 apresenta potencial natural para maior produção de AR% do que a cultivar RB86-7515, e que o emprego de 100 kg ha⁻¹ Si não interfereu na qualidade desse parâmetro tecnológico nesta cultivar.

Em relação à produtividade no que remete ao acúmulo de massa de colmos (Tabela 5) a cultivar SP81-3250 foi 19% superior a variedade RB86-7515 quando aplicada à dose de 100 kg ha⁻¹, porém, nas demais doses não houve uma diferença significativa entre as variedades. No entanto, quando comparada à média de produção de colmos, a cultivar SP81-3250 obteve 13% a mais da capacidade de produção em relação à variedade. Embora sem diferença significativa, quando aplicada a dose de 100 kg ha⁻¹ de silício houve um acréscimo de produção de 7% e 3% para as cultivares SP81-3250 e RB86-7515 respectivamente em relação à testemunha.

Os parâmetros tecnológicos Fibra e a Quantidade Açúcar produzidas pelas duas cultivares de cana foram significativamente iguais, tanto na ausência de aplicação de agregados siderúrgicos quando do emprego de doses desse produto (Tabelas 5 e 6). Tal resultado sugere que estas duas cultivares apresentem mesmo potencial para produção desses

dois parâmetros tecnológicos, os quais não foram influenciados pelas doses de agregados siderúrgicos. Prado (2002) também não verificou resposta por parte da cana-de-açúcar (cultivar SP80-1842) para a característica Fibra, em função da aplicação de doses de agregados siderúrgicos.

Tabela 5. Parâmetros tecnológicos AR (%), Fibra (%) e Acúmulo de massa por vaso, de duas cultivares de cana-de-açúcar, conforme doses de silício aplicadas no solo.

Doses	Cultivares		Média
	SP81-3250	RB86-7515	
kg ha ⁻¹	AR (%)		
0	0,78 a	0,70 b	0,74
100	0,78 a	0,71 b	0,75
200	0,75 a	0,68 a	0,72
400	0,71 a	0,67 a	0,69
Média	0,76 A	0,69 B	
CV: 6,57 %	DMS (variedade): 0,07	DMS (média): 0,03	P(doses)>0,05
	Fibra da Cana (%)		
0	10,47 a	10,80 a	10,64
100	10,94 a	10,96 a	10,45
200	10,91 a	10,90 a	10,90
400	11,25 a	10,90 a	11,08
Média	10,64 A	10,74 A	
	Acúmulo de massa (kg/vaso)		
0	8,65 a	7,25 a	7,95
100	9,23 a	7,46 b	8,35
200	8,77 a	7,80 a	8,28
400	8,19 a	7,74 a	7,97
Média	8,71 A	7,56 B	
CV: 11,79 %	DMS (variedade): 1,41	DMS (média): 0,70	P(doses)>0,05

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Tabela 6. Quantidade de açúcar por vaso, de duas cultivares de cana-de-açúcar, conforme doses de silício aplicadas no solo.

Doses Si kg ha ⁻¹	Variedade		Média
	SP81-3250	RB86-7515	
0	1,02 a	0,89 a	0,96
100	1,07 a	0,91 a	0,99
200	1,03 a	1,00 a	1,02
400	0,98 a	0,97 a	0,98
Média	1,03 A	0,94 A	
CV: 12,58 %	DMS (variedade): 0,18	DMS (média): 0,09	P(doses)>0,05

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

5 CONCLUSÕES

A cultivar RB86-7515 obteve maior acréscimo de ATR, PCC, POL e Pureza do caldo quando comparada à variedade SP81-3250.

Quando analisada a produtividade relacionada à massa de colmos, pode-se inferir que a cultivar SP81-3250 possui maior capacidade de produção em comparação à RB86-7515.

A aplicação de agregados siderúrgicos não trouxe incremento na produção de açúcar por vaso.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, J.; DATNOFF, L. E. The economics of silicon for integrated management and sustainable production of rice and sugarcane. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 209-219.
- ANDERSON, D.L.; SNYDER, G.H.. El silíceo en el suelo y la planta (Parte III). **The Sugar Journal**, New Orleans, v.58 n.4, p.12- 13. September 1991.
- ANDERSON, D.L; SNYDER, G.H.; MARTIN, F.G. Multi-year response of sugarcane to calcium silicate slag on Everglade, Histosols. **Agronomy Journal**, Maidson, v. 83, p. 870-874, 1991.
- AOAC – **Association of Official Analytical Chemists** (Arlington, VA). Official methods of analysis. 14 ed. Arlington: Centennial Edition. 1984. 1141p.
- AYRES, A.S. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low-silicon soils. **Soil Science**, 1966 p. 216- 227
- BAIR, R.A. Leaf Silicon in Sugarcane, Field Corn and St. Augustine grass grow on some Florida Soils. **Soil and Crop Science**, Flórida, v.26, p.63-70, 1966.
- BALASTRA, M. L. F.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLREAL, .P. Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hult. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 67, n. 8, p. 2356-2363, 1989.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar Safra 2009/, segundo levantamento, agosto/2009**. Brasília: Conab, 2009. Disponível em: www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3cana_09.pdf. Acesso em: 05/03/10
- DEREN, C. W.; GLAZ, B.; SNYDER, G. H. Leaf-tissue silicon content of sugarcane genotypes grown on Everglades Histosols. **Journal Plant Nutrition**, New York, v.16, n.11, p.2273-2280, 1993.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO. 1979. 235p (Irrigation and Drainage paper, 33).
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227 p.
- FARIA, R.J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Viçosa, 2000.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. São Paulo. **Anais...**, São Paulo: UFSCar, 2000. p. 255-258.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.70, p.1-5, Jun/1995.

KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; RAMOS, L. A. Available silicon in tropical soils and crop yield. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **Anais...**, Uberlândia: UFU/ICIAG, 2005. 152 p.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do Si na produção de cana-de-açúcar. **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 6-9, 2002.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 3ª ed. Uberlândia: UFU/ICIAG, 2004, 34 p. (Boletim Técnico n. 1).

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Análise de Silício: Solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi – ICIAG/UFU. 2004. 50p. (Boletim Técnico 2).

LEITE, G. M. V.; ANDRADE, L. A. de B.; GARCIA, J. C.; ANJOS, I. A. dos. Efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar SP80-1816. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1120-1125, July/Aug. 2008.

LIAN, S. Silica fertilization of rice. **The fertility of padd soils and fertilizer applications for rice**. Taipei: Food And Fertilizer Technology Center, 1976. p.197-220.

MA. J.F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Amsterdam: Elsevier Science, 2002, 281 p.

PRADO, R. M. **Resposta da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. 2000. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Sistemas de Produção) Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Eficiência da escória de siderurgia em Areia Quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.18, n.4, p.36-39, 2000.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na taxa de folhas senescentes na cultura da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 75, n. 3, p. 311-321, 2000.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F. M. Resposta da cana-de-açúcar a aplicação da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.199-207, 2001.

PRADO, R. de M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1199-1204, 2001.

RAID, R. N.; ANDERSON, D. L.; ULLOA, M. F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. **Crop Protection**, London, v.11, n.2, p. 84-88, 1992.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

ROSS, L., NABABSING, P.; CHEONG, Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: International Cong. the Soc. **Sugar Cane Technology**, Durban, v.15, n.2, p.539-542, 1974.

SAVANT, N. K.; KORNDÖRFER G. H.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: A review. **Journal Plant Nutrition**, New York, v.12, n. 22, 1999. p. 1853-1903.

SILVA, F. C. da; CÉSAR, M. A. A.; CHAVES, J. B. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima. In: SILVA, F. C. da; CESAR, M. A. A.; SILVA, C. A.B (ed.). **Pequenas indústrias rurais de cana-de-açúcar**: melado, rapadura e açúcar mascavo. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, p.21-52.