



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

BARBIERE BRASSIOLI, FABIANO; MELLO PRADO, RENATO DE; MAXIMINO FERNANDES,
FRANCISCO
AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA NA CANA-DE-AÇÚCAR DURANTE
CINCO CICLOS DE PRODUÇÃO
Bragantia, vol. 68, núm. 2, 2009, pp. 381-387
Instituto Agronômico de Campinas
Campinas, Brasil

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90811759012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA NA CANA-DE-AÇÚCAR DURANTE CINCO CICLOS DE PRODUÇÃO (1)

FABIANO BARBIERE BRASSIOLI (2); RENATO DE MELLO PRADO (3*);
FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES (4)

RESUMO

A escória de siderurgia, como material corretivo de acidez com reação mais lenta que o calcário, poderá beneficiar culturas de ciclo longo como a cana-de-açúcar. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da cultura da cana-de-açúcar durante cinco ciclos de produção, decorrente da aplicação da escória de siderurgia. O trabalho foi realizado no município de Ituverava (SP), em Latossolo Vermelho-Amarelo ($V=26\%$). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×4 , com quatro repetições. Os fatores constituíram-se de dois materiais corretivos (escória de siderurgia e calcário calcítico) e quatro doses: 0; 1,23, 2,52 e 3,8 t ha^{-1} equivalente a $CaCO_3$. Avaliou-se ao longo de cinco ciclos de cultivo, a produção de colmos (safras 1998/1999 até 2002/2003); nos quatro primeiros ciclos realizou-se a amostragem do solo (camada de 0-20 cm de profundidade) e determinou-se a saturação por bases. A escória de siderurgia e o calcário calcítico foram semelhantes na correção da acidez do solo, ao longo dos ciclos de cultivo da cana-de-açúcar. A maior produção acumulada de colmos está associada à saturação por bases no solo próxima a 60% e 70% para uso do calcário e da escória de siderurgia, respectivamente.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., produção de colmos, silicato de cálcio, resíduo siderúrgico, saturação por bases, reação do solo.

ABSTRACT

AGRONOMIC EVALUATION OF SIDERURGY SLAG IN SUGARCANE DURING FIVE CYCLES OF PRODUCTION

The siderurgy slag, as acidity correction material with reaction slower than the limestone, can benefit long-term crops such as sugar cane. This work had as objective to evaluate the response of the sugarcane during five cycles of production as function of the application of siderurgy slag. The work was carried out at Ituverava (SP), in a Red Yellow Latosol ($V=26\%$). The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 2×4 , with four replications. The factors consisted of two corrective materials (slag of siderurgy and limestone) at four levels: 0; 1.23, 2.52 and 3.8 t ha^{-1} equivalent of $CaCO_3$. The cane stalk production was evaluated throughout five cycles of culture (harvests 1998/1999 up to 2002/2003), and soil sampling (0-20 cm) and base saturation evaluation being performed in the first four cycles. The slag of siderurgy and the limestone were similar in the correction of the acidity of the soil, along sugarcane cycles. The largest accumulated cane stalk production was associated to the soil base saturation near 60% and 70% when using limestone and slag of siderurgy, respectively.

Kew words: *Saccharum* spp., cane stalk production, calcium silicate, siderurgy residue, base saturation, soil reaction.

(1) Recebido para publicação em 12 de junho de 2007 e aceito em 5 de dezembro de 2008.

(2) Aluno em Pós-graduação em Sistemas de Produção (Mestrado), Faculdade de Engenharia, UNESP, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Rua Monção, 830, Caixa Postal 31, 15385-000 Ilha Solteira (SP).

(3) Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCA/UNESP, Via de Acesso Paulo Donato Castallane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal (SP). E-mail: rmprado@fcav.unesp.br (*) Autor correspondente.

(4) Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, UNESP, Ilha Solteira (SP). E-mail: maximino@feis.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o material mais utilizado como corretivo de acidez do solo é o calcário. Todavia, a utilização de resíduos siderúrgicos para a mesma finalidade, vem sendo uma alternativa viável, com destaque para a escória de siderurgia (AMARAL et al., 1994), a qual possui como componentes neutralizantes os silicatos de cálcio e magnésio. Tendo em vista o volume de resíduos produzido pelas indústrias siderúrgicas, a agricultura poderá ser destino viável. Sabe-se que os solos tropicais são de reação ácida e baixa fertilidade, e o uso da escória de siderurgia pode ser interessante para a cana-de-açúcar, por se tratar de uma cultura importante na Região Sudeste do Brasil, onde se concentra grande parte das indústrias siderúrgicas, com reflexos nos custos de transporte desses resíduos para as áreas agrícolas.

A agroindústria sucroalcooleira constitui um dos setores do agronegócio mais importantes para a economia brasileira. O setor movimenta anualmente cerca de 12 bilhões de reais. Considerando somente o estado de São Paulo, a cadeia de produção (açúcar e álcool) responde por 40% do emprego rural e 35% da renda agrícola (CARVALHO, 1999). A área cultivada com a cultura é de 5,8 milhões de hectares, tendo produção estimada de 427 milhões de toneladas de cana para safra 2006/2007, gerando cerca de 30 milhões de toneladas de açúcar e 18 bilhões de litros de álcool. O Centro-Sul é responsável por 86% desta produção (AGRIANUAL, 2007).

Através da literatura internacional tem-se verificado efeitos positivos da escória de siderurgia na produção e na longevidade do canavial (ANDERSON, 1991; RAID et al., 1992). No Brasil, foram poucos os trabalhos que avaliaram os efeitos da escória de siderurgia na cultura da cana-de-açúcar (PRADO et al., 2001), sendo alguns resultados advindos de casa de vegetação (PRADO e FERNANDES, 2000 a,b) e outros em campo na fase inicial de crescimento (PRADO e FERNANDES, 2001) e nas primeiras soqueiras (PRADO et al., 2003).

O efeito residual do material corretivo aplicado na instalação do canavial tem sido pouco estudado, mesmo com calcário. As principais razões são a necessidade de experimentação de longa duração, os gastos com mão-de-obra e o manejo dos ensaios. Esses são alguns aspectos que justificam a quase ausência de experimentação dessa natureza. Além disso, o uso constante de fertilizantes acidificantes, especialmente os nitrogenados, agrava o problema, lembrando que em soqueiras com alta produção as doses de adubos nitrogenados são normalmente elevadas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da cultura da cana-de-açúcar durante cinco ciclos de produção decorrente da aplicação da escória de siderurgia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, município de Ituverava (SP), em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999). As coordenadas geográficas aproximadas são 20° 20' latitude Sul e 47° 47' de longitude Oeste, com altitude aproximada de 631 m. O clima da região é mesotérmico com verões quentes e úmidos (Cwa), pelo sistema Köppen. Análises químicas do solo da camada de 0-20 cm (RAIJ et al., 2001) realizadas antes da instalação do experimento revelaram os seguintes resultados: matéria orgânica= 24 g dm⁻³; pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (1:2,5) = 4,6; P-resina = 5 mg dm⁻³; K = 0,4; Ca = 8,0; Mg = 5,0; H + Al = 38,0 todos trocáveis em mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V) = 26 %.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4 com quatro repetições. Foram usadas duas fontes de corretivos da acidez: a escória silicatada de siderurgia e o calcário calcítico, e quatro doses equivalentes em CaCO₃: 0 sem correção; 1,23 t ha⁻¹ de CaCO₃ (correção para V=50%), 2,52 t ha⁻¹ (correção para V=75%) e 3,80 t ha⁻¹ (correção para V=100%). Utilizou-se calcário calcítico (CaO = 372 g kg⁻¹, MgO=27 g kg⁻¹, PN=73,3%; RE= 87,8% e PRNT= 64%) e escória de siderurgia de aciaria, proveniente da siderúrgica Dedini, localizada no Município de Piracicaba, SP (CaO= 252 g kg⁻¹; MgO=25 g kg⁻¹, PN= 51,4 %, RE= 79,4%, PRNT= 41%). Nos tratamentos com calcário foi feita a aplicação de micronutrientes (Zn, B e Cu), com o objetivo de equilibrar o teor destes, com os da escória de siderurgia.

A área experimental era utilizada como pastagem de *Brachiaria decumbens*, na qual se realizou o preparo do solo, constituído de: gradagem com grade aradora (14x32"), aração com arado de aiveca com três corpos ativos; outra gradagem pesada; e duas gradagens leves, para nivelamento do terreno. Durante o preparo do solo, aplicou-se manualmente a escória de siderurgia e do calcário, em outubro de 1997, obedecendo a seguinte sequência: metade da dose foi aplicada a lanço em área total antes da aração e metade aplicada a lanço em área total, depois da aração e antes da gradagem pesada, para incorporação à profundidade de 0-20 cm.

Em 2 de janeiro de 1998, realizou-se a sulcagem a 40 cm de profundidade, com largura na base superior de 40 cm e 10 cm na base inferior e com

1,3 m entre as linhas de sulcagem. Em seguida, aplicou-se a adubação básica no sulco de plantio, com 1.300 kg ha⁻¹ da fórmula 04-14-08 e 196 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio. Na mesma ocasião, aplicou-se inseticida, no sulco, para o controle de pragas de solo. Em 3 de janeiro, foi realizada a distribuição das mudas, utilizando-se a variedade SP 80-1842 (cana de ano), deixando 15 gemas por metro de sulco e a cobertura dos toletes com 8 a 10 cm de terra.

Cada parcela constituiu-se por seis linhas espaçadas de 1,30 m com 7,5 m de comprimento, totalizando 58,5 m² de área total. A bordadura entre parcelas foi de 2,0 m. A área útil da parcela foi constituída pelas quatro linhas centrais de 7,5 m de comprimento, perfazendo uma área de 39,0 m².

A adubação de cobertura da cana-planta e das soqueiras seguiu as indicações de Recomendação para o Estado de São Paulo (SPIRONELO et al., 1997).

A colheita dos colmos da cana-de-açúcar foi realizada na parcela útil, anualmente, em janeiro, em 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003, pelo método de colheita da cana crua. Após a colheita, foram realizadas as amostragens de solo, coletando-se 15 subamostras por parcela, nas entrelinhas da cultura, da camada de 0-20 cm de profundidade, em 1999, 2000, 2001 e 2002. As análises químicas foram realizadas de acordo com método descrito por RAJ et al. (2001). A resposta da cana-de-açúcar, referente aos atributos químicos do solo e de crescimento da planta de acordo com a calagem, foi avaliada por PRADO et al. (2001; 2003).

De acordo com metodologia de GOMES (1985) foram realizadas as análises de variância individual e conjunta. Para a realização da análise de variância conjunta, foram selecionadas as características cujos quadrados médios residuais não diferiram em mais

de sete vezes. Os dados foram submetidos também à análise de regressão ($P < 0,05$), realizada pelo programa estatístico SAS (1985).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O calcário e a escória promoveram efeitos semelhantes na saturação por bases do solo (Tabela 1). Para as doses dos corretivos, houve efeito significativo em todas as amostragens estudadas.

Houve efeito quadrático das doses dos materiais corretivos na elevação da saturação por bases na camada de 0-20 cm, em todos os ciclos de cultivo da cana-de-açúcar (Figura 1).

Observa-se que a amplitude da reação dos materiais corretivos variou em função das doses. Nota-se que mesmo após o quarto ciclo da cana-de-açúcar, apenas a dose de corretivo equivalente a 1,3 t ha⁻¹ de CaCO₃, necessária para elevar saturação por bases a 50, atingiu valor próximo (V=48%) do objetivo desejado. Assim, observa-se que as doses utilizadas foram ineficientes, não atingindo o valor de saturação por bases desejada. Apesar de o método da necessidade de calagem, com base na elevação da saturação por bases do solo, ter fundamento científico adequado, freqüentemente há relatos na literatura de resultados cujos valores de saturação por bases, determinados após a calagem, foram inferiores aos estimados pelo método (OLIVEIRA et al., 1997; 2003). Este fato é devido a diversos fatores ligados ao solo, manejo e material corretivo. Um dos aspectos que poderia influir na velocidade de reação do calcário seria os índices de reatividade adotados atualmente para seu cálculo, superestimados dentro do prazo estipulado pela legislação brasileira, que é de 30 até 90 dias.

Tabela 1. Resultados médios da saturação por bases (V%) do solo e valor F em função dos tratamentos, ao longo dos cinco ciclos de cultivo da cana-de-açúcar

Tratamentos	1.º ciclo		2.º ciclo		3.º ciclo	4.º ciclo
Escória	67		64		59	50
Calcário	69		66		58	49
					% Teste F ⁽¹⁾	
Fonte (F)	1,20 ^{ns}		0,80 ^{ns}		0,90 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Dose (D)	73,20 ^{**}		68,9 ^{**}		163,64 ^{**}	165,58 ^{**}
F x D	1,2 ^{ns}		1,29 ^{ns}		0,38 ^{ns}	0,32 ^{ns}
CV (%)	6,2		6,3		5,0	5,1

⁽¹⁾ **; *; ns: significativo ($P < 0,01$); ($P < 0,05$) e não significativo ($P > 0,05$) respectivamente.

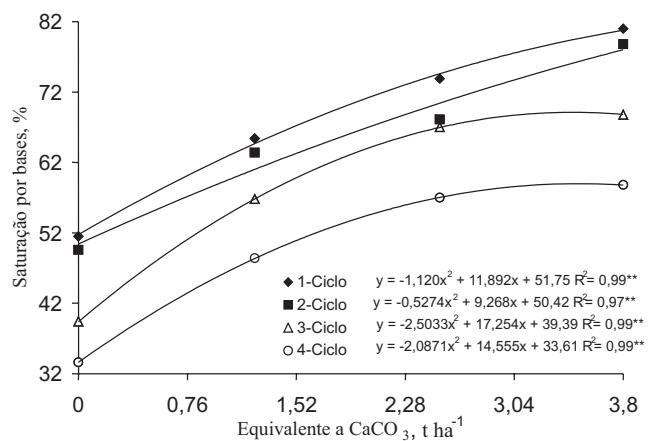


Figura 1. Efeito da aplicação de materiais corretivos (média do calcário e da escória), na saturação por bases do solo em amostras das entrelinhas da camada de 0-20 cm de profundidade. **: P<0,01.

NATALE e COUTINHO (1994) observaram que as reatividades das frações granulométricas atribuídas ao calcário pela legislação só foram obtidas cerca de 18 meses após sua aplicação ao solo. Este fato aplica-se também à escória, pois as taxas de reatividade da escória e calcário foram consideradas semelhantes em um estudo de Prado et al. (2004). Outro fator, especialmente com relação à escória, é a constituição química do material corretivo, pois o resíduo siderúrgico proporciona parte de compostos complexos como Ca e Mg ligados a alumino-silicatos (PRADO et al., 2001).

Pela análise conjunta dose x tempo, não houve interação. A ausência de interação sugere que as variações nas propriedades químicas do solo, em função das doses de corretivo utilizado, foram proporcionalmente semelhantes nas diferentes épocas de amostragem. Dessa forma, avaliando os efeitos da aplicação dos materiais corretivos no decorrer do tempo (1999 a 2003), constata-se maior valor da saturação por bases do solo aos 12 meses após a incorporação dos corretivos; a partir daí, teve início o decréscimo do efeito residual dos corretivos calcário, independentemente da fonte empregada (Figura 2). Em trabalhos de OLIVEIRA et al. (1997), em condições de campo, verifica-se que a reação máxima do calcário no solo ocorreu entre 18 e 33 meses após a aplicação.

Essas diferenças no tempo de reação do calcário se devem a diversos fatores, dentre os quais o poder tampão do solo e o grau de homogeneização na incorporação do corretivo (WEIRICH NETO et al., 2000). Além disso, o regime hídrico do local pode afetar a velocidade de reação do calcário no solo ao longo do tempo.

É pertinente salientar que, no presente experimento, houve diminuição anual de 6% da saturação por bases na camada superficial do solo, com o tempo de cultivo, nas entrelinhas da cultura da cana-de-açúcar (Figura 2). Em experimento de campo, PRADO et al. (2007), observaram diminuição anual de 5-6% da saturação por bases na camada superficial do solo, ao longo de 40 meses após a aplicação e incorporação do calcário. Este fato deve-se a perdas de bases do solo ao longo do tempo (RAIJ et al., 1982). WATANABE et al. (2004) observaram lixiviação de bases em solos cultivados com cana-de-açúcar submetida a aplicação de calcário e de vinhaça.

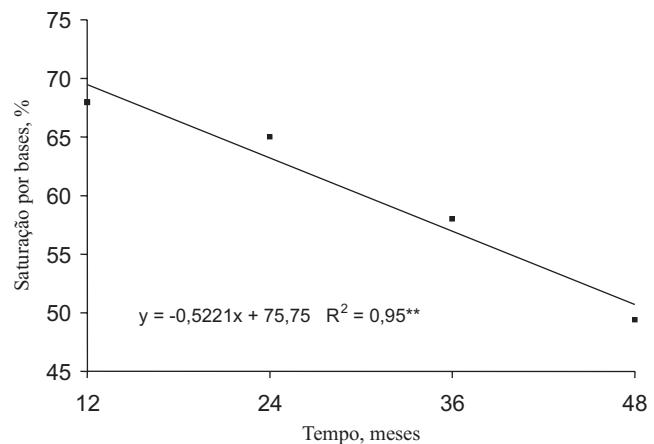


Figura 2. Efeito do tempo de aplicação dos materiais corretivos na saturação por bases do solo cultivado com cana-de-açúcar, em amostras das entrelinhas da camada de 0-20 cm de profundidade. Os pontos são médias de quatro doses de material corretivo e quatro repetições. ** Significativo a P<0,01.

A produção de colmos foi afetada significativamente pelas doses dos corretivos, em todos os ciclos de cultivo (Tabela 2). Para as fontes e interação fontes x doses, houve efeito significativo apenas para os três últimos ciclos de produção. Para os dois primeiros ciclos da cultura da cana-de-açúcar, a ausência da interação comprova que o efeito das doses foi semelhante na produção, independentemente do material corretivo utilizado. Assim, considerando-se as médias dos dois materiais corretivos, as doses promoveram incremento quadrático na produção da cana-de-açúcar, tanto no primeiro ciclo ($y = -1,8794x^2 + 9,9256x + 89,44$, $R^2 = 0,97$, $P < 0,01$), como no segundo ciclo ($y = -3,3295x^2 + 14,156x + 59,16$, $R^2 = 0,79$, $P < 0,01$). ROSSETTO et al. (2004) avaliaram a resposta da cana-de-açúcar em seis experimentos no Estado de São Paulo e verificaram resposta da calagem na produtividade da cana-de-açúcar apenas em duas situações: quando nos solos havia baixa fertilidade e acidez elevada. Essa é uma cultura com certa tolerância à acidez do solo (PRADO et al., 2001).

Tabela 2. Resultados médios da produção de colmos e valor F em função dos tratamentos, ao longo dos cinco ciclos de cultivo da cana-de-açúcar

Tratamentos	1.º ciclo	2.º ciclo	3.º ciclo	4.º ciclo	5.º ciclo
$t \text{ ha}^{-1}$					
Escória	98,03	64,81	63,50	55,88	45,71
Calcário	97,51	68,98	59,75	52,58	43,02
Teste F ⁽¹⁾					
Fonte (F)	0,05 ^{ns}	1,48 ^{ns}	24,61**	24,84**	26,29**
Dose (D)	6,49*	5,21*	209,23**	210,46**	233,95**
F x D	0,54 ^{ns}	0,31 ^{ns}	17,03**	17,05**	18,37**
CV (%)	6,6	14,5	3,5	3,5	3,4

⁽¹⁾ **; *; ns: significativo ($P<0,01$); ($P<0,05$) e não significativo ($P>0,05$) respectivamente.

A escória de siderurgia foi superior ao calcário, quanto à produção de colmos do terceiro até quinto ciclo de produção (Tabela 2). O aumento na produção de colmos foi linear para a escória de siderurgia e quadrática quando se utilizou o calcário calcítico do terceiro ao quinto ciclo de produção (Figura 3). A maior produção de colmos,

em vista da aplicação da escória de siderurgia, pode ter recebido contribuição do silício, embora não tenha sido feita a análise química desse elemento benéfico no solo. Entretanto, essa hipótese é reforçada pelo fato de os dois materiais corretivos terem agido de forma semelhante na elevação da saturação por bases (Tabela 1).

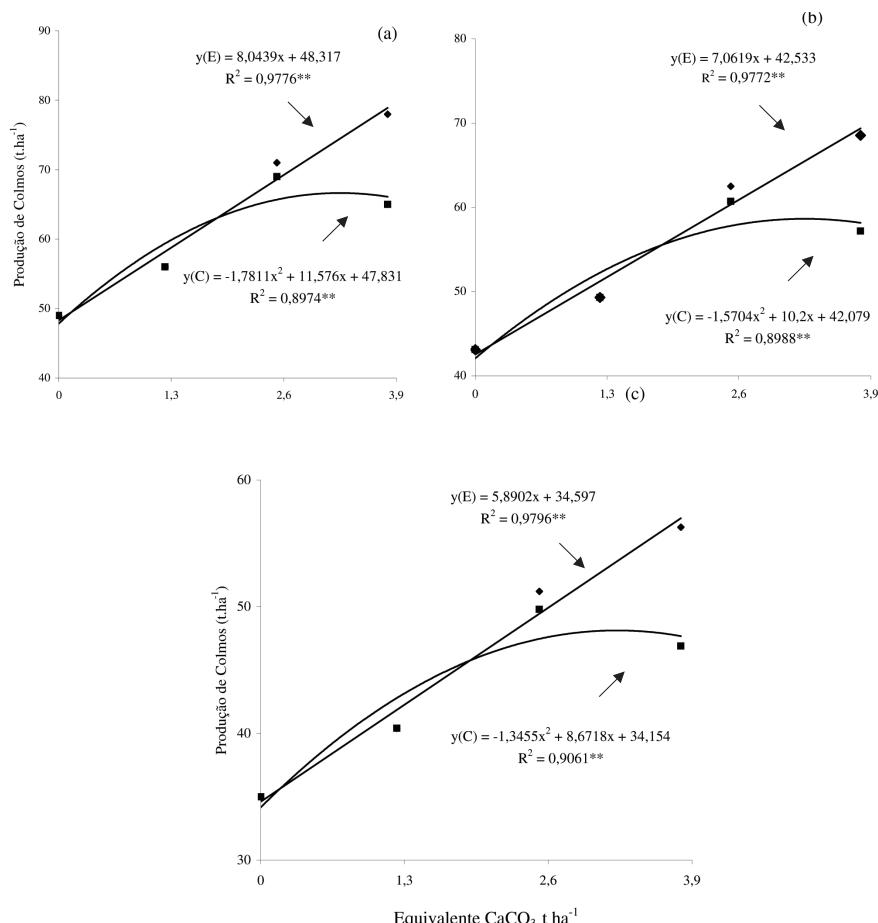


Figura 3. Efeito das doses de calcário (■) e de escória de siderurgia (◆), na produção de colmos da cultura da cana, para o 3.º (A), 4.º (B) e 5.º (C) ciclo da cana-de-açúcar. ** Significativo a $P<0,01$.

Efeito positivo da escória de siderurgia na produção cana-de-açúcar, tem sido relatado na literatura internacional. ANDERSON (1991) e RAID et al. (1992) observaram que os efeitos positivos da escória de siderurgia na produção da cana-de-açúcar foram em parte atribuídos aos silicatos pelo fornecimento do silício contido na escória. Outros autores também relataram efeito benéfico do silício para a produção da cana-de-açúcar (LIMA FILHO et al. 1999).

Efeito favorável da aplicação do calcário na produção de colmos de cana-de-açúcar, até a dose de 2,52 t CaCO₃ ha⁻¹, foi também obtido nas pesquisas realizadas por MARTINS (2000). Entretanto, observou-se efeito depressivo da utilização do calcário na maior dose de corretivo utilizada (equivalente a 3,8 t CaCO₃ ha⁻¹), concordando com os resultados de PRADO e FERNANDES (2001).

O efeito residual da escória de siderurgia no aumento da produção da cana-de-açúcar foi mais importante nas soqueiras, quando comparada com a cana-planta, tendo em vista que não houve diferença entre os dois materiais na cana-planta e na primeira soqueira. Esses resultados concordam com os verificados por PRADO et al. (2001). Este fato poderá beneficiar as soqueiras, diminuindo a intensidade da queda de produção ao longo dos cortes do ciclo da cultura. ANDERSON et al. (1991) observaram, para média dos primeiros três ciclos, reduções de 45% e 28% na produção de colmos da soqueira nas parcelas sem e com a aplicação da escória de siderurgia respectivamente.

Houve incremento, com ajuste linear, na produção acumulada de colmos da cana-de-açúcar (safras de 1998-2003), em vista da saturação por bases na camada superficial do solo, na entrelinha da cultura, destacando-se a saturação por bases em torno de 60% e 70% com emprego do calcário e da escória de siderurgia respectivamente (Figura 4). Esses resultados estão próximos do indicado por SPIRONELLO et al. (1997) que recomendam para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo V% igual a 60.

4. CONCLUSÕES

1. A escória de siderurgia e o calcário calcítico são semelhantes na correção da acidez do solo, ao longo dos ciclos de cultivo da cana-de-açúcar.

2. A maior produção acumulada de colmos está associada à saturação por bases no solo próxima de 60% e 70% para uso do calcário e da escória de siderurgia respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários da Fazenda Nossa Senhora Aparecida, Ituverava (SP), por ceder área experimental e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

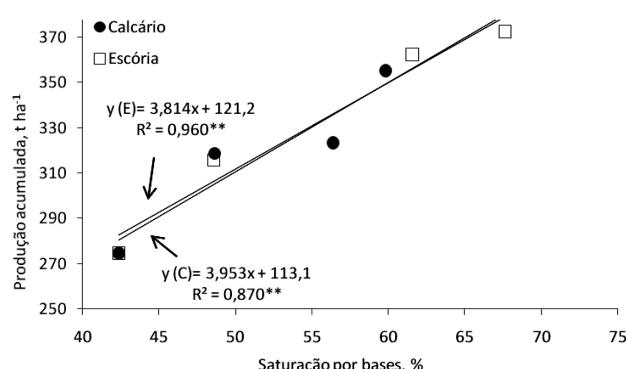


Figura 4. Relação entre a saturação por bases do solo, na camada de 0-20 cm, na entrelinha da cana-de-açúcar, em função da aplicação do calcário (C) e da escória de siderurgia (E) (média de todas as amostragens de solo) e a produção acumulada de colmos nos anos agrícolas de 1998 a 2003.

AGRIANUAL: Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2007.

AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1351-1358, 1994.

ANDERSON, D. L. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane. **Fertilizer Research**, v.30, n.1, p.9-18, 1991.

ANDERSON, D. L.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. Multi-year response of sugarcane to calcium silicate slag on everglades histosols. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, p.870-874, 1991.

CARVALHO, L.C.C. Cenário sucroalcooleiro. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, p.12-13, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412p.

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

MARTINS, M. *Efeito do calcário e do gesso, em algumas características químicas do solo (Lea, Álico) e na cultura da cana-de-açúcar, em região de cerrado*. Jaboticabal, 2000. 117f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M. Avaliação da eficiência agronômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.18, p.55-62, 1994.

OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho álico, à calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.65-70, 1997.

OLIVEIRA, P.P.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVERIRA, W.S.; CORSI, M. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an Entisol. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, p.125-131, 2003.

PIMENTAL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. 11.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 466p.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.57, n.4, p.739-744, 2000a.

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 Alcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.18, p.36-39, 2000b.

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

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.287-296, 2003.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. *Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil: estudos na cultura da cana-de-açúcar*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2001, v.1.p.67.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W.; CORRÊA, M.C.M. Reatividade de uma escória de siderurgia em um Latossolo Vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 197-205, 2004

PRADO, R.M.; NATALE, W.; ROZANE, D.E. Soil liming effects on the development and the nutritional status of the carambola tree and its fruit yielding capacity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.38, n.3-4, p. 493-511, 2007.

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*, v.11, p.84-88, 1992.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade do solo*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.6, p.33-37, 1982.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. *Bragantia*, Campinas, v.63, n.1, p.105-119, 2004.

SAS INSTITUTE. *SAS User's guide: statistics*. 5.ed. Cary, 1985. 956p.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van.; PENATTI, C.P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J.L.M.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M.G.A.; ROSSETTO, R. *Outras culturas industriais*. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p.237-239. (Boletim técnico, 100)

WATANABE, R.T; FIORETTTO, R.A; HERMANN, E.R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). *Semina*, v.25,n.2,p.93-99, 2004.

WEIRICH NETO, P.H.; CAIRES, E.F.; JUSTINO, A.; DIAS, J. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, p.257-261, 2000.

WUTKE, A. C. P.; GARGANTINI, H. Avaliação das possibilidades de escórias de siderurgia como corretivos de acidez do solo. *Bragantia*, Campinas, v.21, p.795-805, 1962.