

# Calagem em cana-de-açúcar: efeitos no solo, planta e reflexos na produção

*Limestone in sugarcane: effects on soil, plant and reflections in production*

Renner Luciano de Souza Ferraz<sup>1</sup>, Marcelo de Andrade Barbosa<sup>2</sup>, Jane Lima Batista<sup>3</sup>, Ivomberg Dourado Magalhães<sup>4</sup>, Geffson de Figueiredo Dantas<sup>5</sup>, Fernando Oliveira Franco<sup>6</sup>

**Resumo.** A conservação da fertilidade do solo e o incremento da produtividade das culturas são questões chave para garantir a segurança alimentar. Desta forma, objetivou-se com este trabalho fazer uma abordagem teórica acerca das implicações da calagem no solo e na produção da cultura da cana-de-açúcar. Verificou-se que a aplicação de calcário é preponderante para o condicionamento do solo, melhorando os atributos físicos e químicos, de modo a promover condições ideais de crescimento e desenvolvimento da cultura. Este cenário evidencia um campo vasto para pesquisas com possibilidades de geração de conhecimentos técnicos e científicos além de geração de tecnologias viáveis para a agricultura e meio ambiente.

**Palavras-Chave:** *Saccharum spp*, calcário agrícola, produtividade, meio ambiente.

**Abstract.** *The conservation of soil fertility and increasing crop productivity are key issues to ensure food security. Thus, the aim of this work is a theoretical approach about the implications of lime in soil and crop production of sugarcane. It has been found that the application of limestone is predominant for conditioning the soil, improving the physical and chemical properties, in order to promote optimal conditions for growth and development of the crop. This scenario shows a vast field for research generating possibilities of technical and scientific knowledge as well as generation of viable technologies for agriculture and the environment.*

**Key words:** *Saccharum spp*, agricultural lime, productivity, environment.

---

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Mestre em Ciências Agrárias (Agrobioenergia e Agricultura Familiar) pela UEPB. Graduado em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). {ferraz340@gmail.com}

<sup>2</sup> Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Graduado em Ciências Agrárias pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

<sup>3</sup> Estagiária da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani - Jaboticabal e estagiária da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Graduação em Tecnologia em Agronegócios pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo.

<sup>4</sup> Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Alagoas. Mestre em Ciências Agrárias (Agrobioenergia e Agricultura Familiar) pela Universidade Estadual da Paraíba UEPB. Graduado em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

<sup>5</sup> Licenciado em Ciências Agrárias (2013), Mestrado (2015) e Doutorando em Agronomia (Ciência do solo) ambos pela FCAV\_UNESP Jaboticabal-SP (2015/Atual).

<sup>6</sup> Mestre em Agronomia/Solos pelo Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia - UFU. Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Uberlândia.

## 1. Introdução

Marcos históricos evidenciam a evolução da agricultura perfazendo toda sua trajetória até a contemporaneidade. O cenário agrícola mundial, atualmente, vislumbra uma fase de intensificação científica e adoção de tecnologias robustas para sistemas de alta produtividade. Esta situação culmina na particularização de diversos cultivos, evidenciando a necessidade de estudos direcionados a culturas estratégicas.

Questões cruciais como aumento populacional, mudanças climáticas e escassez de recursos naturais oportunizam o apogeu de algumas culturas nos planos estratégicos, dentre as quais destacam-se as bioenergéticas como sorgo, milho, soja, algodão, mamona, cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e outras. Silva et al. (2012) relatam que a cana-de-açúcar desponta no cenário contemporâneo mundial como uma das culturas de expressiva importância econômica, social e ambiental. A mesma destaca-se no agronegócio brasileiro por constituir-se como a principal fonte de matéria-prima utilizada pela indústria sucroalcooleira para a produção de açúcar e álcool, além dos diversos derivados (BENETT et al., 2012).

O Brasil ocupa o posto de maior produtor de cana-de-açúcar, visto que o complexo desta cultura representa a segunda maior fonte de energia do país detendo 18% da oferta sendo superada somente pelo petróleo e seus derivados que detém 37,9% (BARBOSA et al., 2012). A produtividade média do Brasil estimada na safra de 2012/2013 foi de aproximadamente 602,2 milhões de toneladas em 8,6 milhões de hectares (ha) cultivados (CONAB, 2012).

A cana-de-açúcar, a exemplo da maioria das plantas cultivadas de interesse comercial, possui susceptibilidade aos estresses abióticos, como hídrico (BARROS et al., 2012a; BARROS et al., 2012b), salino (PEREIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2012), toxicidade por alumínio (RHEIN et al., 2011; CARLIN et al., 2012) e saturação nutricional (CALHEIROS et al., 2012; VITORINO et al., 2012), tendo como consequência alterações morfofisiológicas e bioquímicas, que acarretam em perdas de produção afetando a disponibilidade de matéria prima para a indústria sucroalcooleira.

A cultura em questão é considerada forte extratora de elementos presentes no solo para suprimentos nutricional e neutralização de agentes estressores. Dentre os elementos presentes no solo, o alumínio ( $Al^{+3}$ ) é um metal leve encontrado em abundância, cerca de 7% da crosta terrestre, ocupando a terceira colocação dentre os constituintes do solo, sendo quantitativamente superado apenas por oxigênio e silício. O Alumínio também é encontrado de forma onipresente nas plantas, embora não possua função biológica específica (SINGH et al., 2011). O metal interfere na absorção, transporte a utilização de nutrientes essenciais incluindo  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ , K, P,  $Cu^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  e  $Zn^{+2}$  (GUO et al., 2003). Acrescente-se que o  $Al^{+3}$  é considerado um fator de restrição do crescimento, desenvolvimento e produção das culturas.

Diante do exposto, solos com altos teores de  $Al^{+3}$  tóxico podem causar diversos danos às plantas, notadamente por conta da acidez reduzir a atividade da enzima redutase do nitrato, responsável pela assimilação de nitrogênio nos vegetais, além de reduzir a concentração de clorofilas, pigmentos cloroplastídicos, responsáveis pela etapa fotoquímica da fotossíntese (CARLIN et al., 2012). Como consequência, diminuir sua produtividade; assim, seu manejo torna-se imprescindível para obter maiores produtividades, de modo que a aplicação de calcário constitui na principal estratégia para diminuir a toxidez por  $Al^{+3}$  e a consequente redução da acidez do solo.

Objetivou-se com este trabalho fazer uma abordagem teórica acerca das implicações da calagem no solo e na produção da cultura da cana-de-açúcar, visando, sobretudo, pontuar a evolução e o estado da arte sobre a temática em questão.

## **2. Desenvolvimento**

### **2.1 A cultura da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.; Poaceae) possui como centro de origem a Ásia Meridional, na região central da Nova Guiné e Indonésia, é monocotiledônea, alógama, de ciclo semiperene e própria de climas tropicais e subtropicais (DANIELS; ROACH, 1987).

A introdução da cultura no Brasil ocorreu em 1532, idealizada por colonizadores portugueses que a trouxeram da Ilha da Madeira. Este acontecimento impulsionou a formação dos primeiros engenhos no país como o sustentáculo das capitanias hereditárias. Estas instalações foram responsáveis pelo desenvolvimento da produção, do comércio e da cultura do Nordeste brasileiro, onde foi implantado o primeiro centro açucareiro do país (UNICA, 2013).

Desde o Brasil Colônia a cultura vem se destacando no setor agrícola, devido à condição climática tropical do país ser favorável à formação de grandes latifúndios monocultores, que se conservaram nos séculos XVI e XVII, consolidando a colonização brasileira e sustentando a economia do país. Em sentido contrário, o setor canavieiro sofreu com oscilações, convergindo para mudanças decisivas as quais justificam o fato de que no século XIX e início do XX, o cultivo da cana-de-açúcar perdeu importância no cenário econômico do país, com o fortalecimento da cultura do café e também devido à concorrência do açúcar produzido pelo mercado externo. Porém, programas governamentais associados aos avanços científicos e tecnológicos conferem lugar de destaque à cultura no contexto econômico nacional (NEGRÃO; URBAN, 2013).

Diante do exposto, pode-se inferir que a cana-de-açúcar desempenha um papel de grande importância no cenário econômico, social e ambiental, tanto para o Brasil quanto para o mundo, de modo que, o investimento em tecnologias que viabilizem seu cultivo e incrementem sua produtividade é de expressiva relevância perante as perspectivas contemporâneas que apontam para uma agricultura centrada na sustentabilidade.

### **2.2 Calcário agrícola**

Abordagens acerca do calcário são imperativas para avanço do agronegócio, isso porque, dentre os fatores ambientais do solo, os ligados à acidez (pH, saturação por bases, acidez potencial e disponibilidade de nutrientes) interferem de forma significativa a produtividade das culturas. Assim a calagem promove a neutralização do  $Al^{+3}$ , a elevação do pH e o fornecimento de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$ , possibilitando a proliferação de raízes e tornando-as mais resistentes a períodos de baixa precipitação pluviométrica (ROSSETTO et al., 2004).

Devido à baixa solubilidade e à lenta movimentação do calcário ao longo do perfil do solo, há obrigatoriedade de se fazer distribuição uniforme e incorporação profunda (SORATTO; CRUSCIOL, 2008). O calcário deve ser considerado um investimento, visto que os benefícios da calagem perduram além de um ano, ou de uma safra agrícola (NATALE et al., 2007).

Em se tratando de calcário para a agricultura, quanto maior a granulometria (até o limite da peneira ABNT n.10 – partículas menores que 2 mm), maior seu efeito residual, porque a ação do calcário depende do contato com o solo. Neste sentido, quanto menor a partícula (para um mesmo calcário), maior o contato, mais rápida sua ação e, portanto, a correção da acidez; contudo, o efeito residual será menor. Em sentido complementar, as práticas agrícolas convencionais, que mobilizam anualmente o solo, condicionam as reações de correção da acidez, não obstante, reduzem o efeito residual do mesmo (NATALE et al., 2007).

### **3. Calagem na cana-de-açúcar**

#### **3.1 Necessidade de calagem**

A calagem é a primeira prática a ser adotada na implantação e na manutenção da lavoura de cana-de-açúcar, pelos diversos efeitos já descritos anteriormente. Nesta conjectura, o critério de recomendação mais utilizado para a cana-de-açúcar é o da saturação por bases, o qual baseia-se em atributos químicos e físicos do solo, da planta e do calcário. Assim, a necessidade de calagem pode ser calculada conforme as relações descritas em Marques et al. (2008).

Em solos muito arenosos, com capacidade de troca de cátions (CTC)  $< 35 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e com baixos teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ , o critério da saturação por bases pode não recomendar calcário, fazendo-se necessário a utilização do modelo proposto pela Copersucar para a camada de 0 a 20 cm (BENEDINI, 1988). Em cana soca (brotada após o corte), o pesquisador supracitado recomenda que seja realizada uma nova amostra de solo, após o segundo corte, e efetue nova recomendação de calcário, caso a saturação por bases (V%) indique valores (somatório de  $\text{Ca}^{+2}$  com K e  $\text{Mg}^{+2}$ ) menores que 50% na camada de 0 a 20 cm, de modo que deve-se utilizar a dose de  $3,0 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário.

Na região Sudeste o calcário é recomendado conforme o que preconiza o Boletim Técnico Número 100 (RAIJ et al., 1997), que leva em consideração, assim como as formas descritas anteriormente, a saturação por bases (V%), a capacidade de troca de cátions (CTC) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário.

#### **3.2 Aplicação de calcário**

A aplicação do calcário, assim como outros corretivos e fertilizantes, é feita obedecendo-se a vários aspectos preponderantes, sendo estes intrínsecos à cultura e às características dos solos. Acrescente-se que a quantidade, a forma de distribuição, bem como a profundidade de incorporação do calcário são cruciais para sua eficácia.

A distribuição do calcário deve ser uniforme, para que a ação neutralizadora seja eficiente, é preciso haver o contato entre a partícula do solo e o calcário. A incorporação o calcário na profundidade adequada é imprescindível; quando esta é feita a profundidade menor do que 20 cm poderá ocorrer calagem excessiva, chegando, nesses casos, a dobrar a dose de calcário recomendada, refletindo-se em desordens no equilíbrio dos diversos nutrientes, que pode refletir em alterações expressivas na produção das plantas de cana-de-açúcar gerando danos econômicos (STAUT, 2013).

Desta forma, recomenda-se aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60%, porém, não aplicando menos que  $1 \text{ t ha}^{-1}$  e mais que  $5 \text{ t ha}^{-1}$  do corretivo com poder relativo de neutralização total (PRNT= 100). Se o teor de  $\text{Mg}^{+2}$  trocável no solo for inferior a  $5 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ , deve-se aplicar pelo menos  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico (RAIJ et al., 1997).

#### **3.3 Efeitos no solo**

O calcário consiste em um produto de solubilidade incipiente, e para que reaja no solo necessita de boa incorporação. Entretanto, o revolvimento do solo para a incorporação de corretivos não é desejável, notadamente em sistemas de plantio direto (SPD), o que se justifica pelo fato da mobilização destruir atributos físicos favoráveis, do ponto de vista da conservação, obtidos ao longo do tempo de adoção do referido sistema (ALLEONI et al., 2005).

O calcário, quando misturado ao solo e com água, dissolve-se e o carbonato de cálcio dissocia-se. Os produtos da dissolução do calcário reagem com os colóides do solo e, nessa reação, elevam o pH, os teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  e a saturação por bases, e

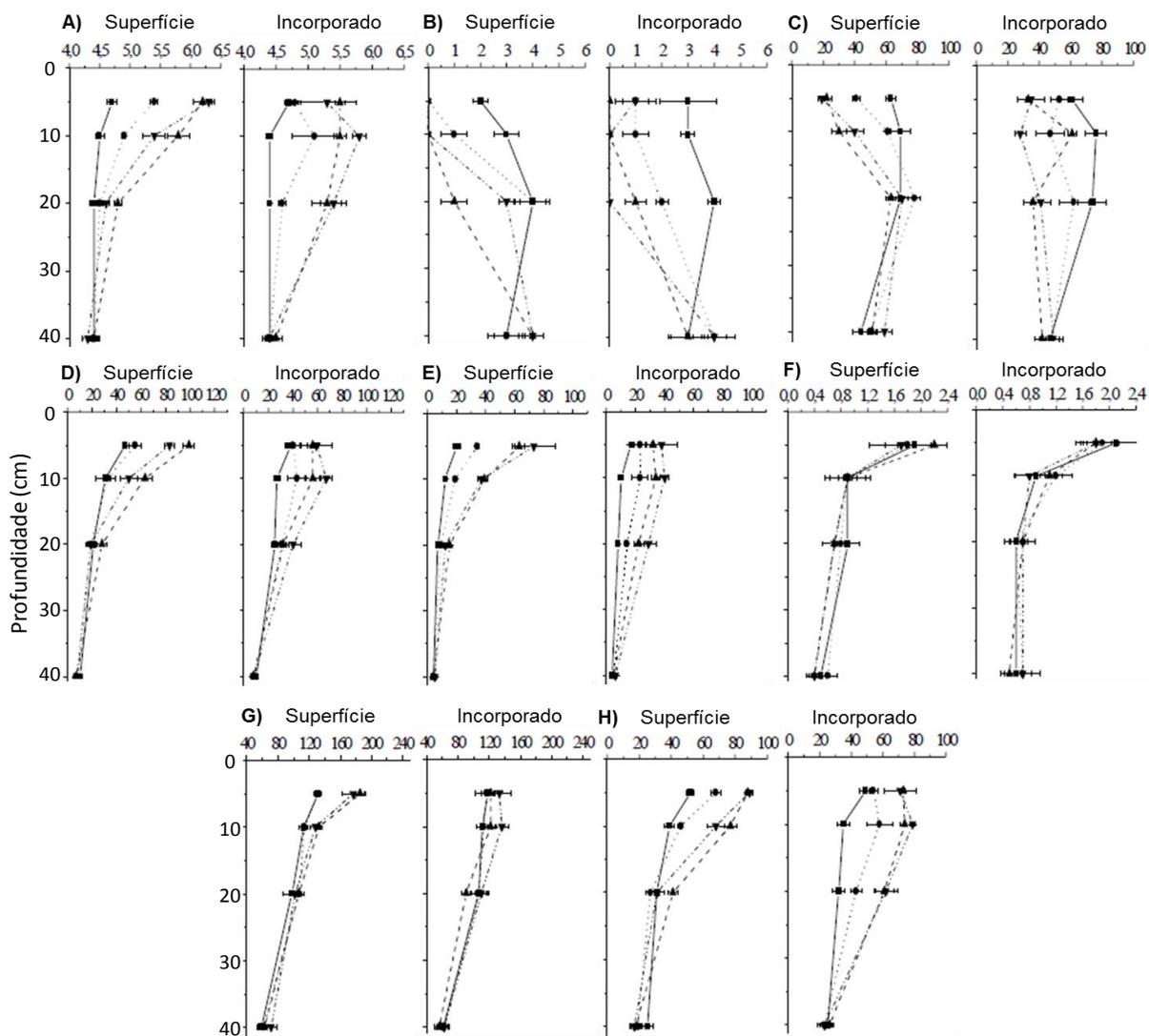
diminuem o  $\text{Al}^{+3}$  e o  $\text{Mn}^{+2}$  trocáveis no solo. Acrescente-se que, a reação do calcário é restrita a uma pequena distância do local da aplicação, assim o benefício máximo é obtido com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e a incorporação profunda (SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

De todo modo, a calagem superficial tem propiciado melhorias no ambiente radicular e, ressalvadas as situações de impedimento físico por compactação ou selamento de poros, propicia alterações de atributos químicos em profundidade, comparáveis à calagem incorporada pelo revolvimento do solo, especialmente em solos menos argilosos e com menor acidez potencial (AMARAL, 2002; GATIBONI et al., 2003; KAMINSKI et al., 2005).

Trabalhos de pesquisas com aplicação de calcário na superfície em solos brasileiros resultaram em elevação de pH e dos teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  trocáveis e redução do  $\text{Al}^{+3}$  em regiões com disponibilidade hídrica satisfatória aos cultivos. Em contrapartida, em longo estudo realizado em Luvisolo crômico (FAO-UNESCO, 1974), sob precipitação pluvial média de  $570 \text{ mm ano}^{-1}$ , constatou-se que a aplicação de  $1,5 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário em superfície levou entre dois e quatro anos para alcançar a profundidade de 10 cm e não foi eficiente em aumentar o pH abaixo dessa profundidade por um período de oito anos (CONYERS et al., 2003).

Em pesquisa realizada por Alleoni et al. (2005) visando avaliar os atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário, os pesquisadores verificaram que a calagem aumentou o pH, os teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  trocáveis e a saturação por bases, bem como reduziu os teores de  $\text{Al}^{+3}$  trocável e a acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}$ ) do solo após 30 meses, conforme ilustrado na figura 1.

**Figura 1 - Atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto. pH  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  (A),  $\text{Al}^{+3}$  trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (B),  $\text{H}+\text{Al}$  ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (C),  $\text{Ca}^{+2}$  ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (D),  $\text{Mg}^{+2}$  ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (E),  $\text{K}$  ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (F), CTC ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (G) e  $\text{V}$  (%) (H). Fonte: Alleoni et al. (2005).**



Alleoni et al. (2005) verificaram que a neutralização da acidez do solo e o aumento do  $\text{Ca}^{+2}$  e do  $\text{Mg}^{+2}$  trocáveis com a aplicação de calcário na superfície restringiram-se aos primeiros 10 cm de profundidade, enquanto a incorporação do calcário corrigiu a acidez do solo até à profundidade de 20 cm. Os autores acrescentam que os valores de saturação por bases obtidos na profundidade de 0-20 cm com a calagem foram menores do que os estimados pelo método da elevação do  $\text{V}\%$ , mesmo com a incorporação de calcário no solo. E, por fim, a calagem reduziu os teores de  $\text{Mn}^{+2}$  e  $\text{Fe}^{+2}$  no solo até à profundidade de 10 cm, quando realizada na superfície, e até à profundidade de 20 cm, quando incorporada, mas os teores desses nutrientes mantiveram-se, ainda, acima dos limites considerados baixos.

Ao realizarem pesquisas com aplicação de calcário incorporado e em superfície, Kaminski et al. (2005) verificaram que a eficiência da calagem manteve-se por período superior a sete anos da sua aplicação em sistema plantio direto, independentemente da forma de aplicação, limitada pela dose aplicada e pela profundidade de incorporação. Acrescenta-se que, as doses integrais da necessidade de calcário promoveram maior avanço da frente de neutralização da acidez no solo, proporcionando eficiência por períodos mais

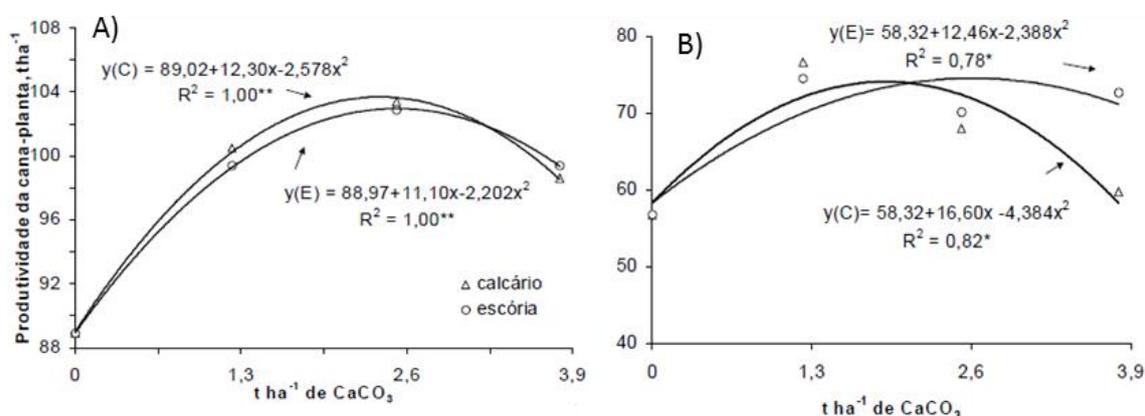
prolongados. Estes pesquisadores também cientificaram que a incorporação do calcário antes da implantação do sistema plantio direto neutralizou a acidez em profundidades maiores e mostrou-se mais eficiente que a aplicação superficial.

### 3.4 Efeitos na planta e reflexos na produção

Em se tratando do efeito da calagem na produção da cana-de-açúcar, deve-se observar que os acréscimos na produtividade desta cultura em resposta à aplicação do insumo são esporádicos, o que pode ser explicado pelo fato da cana ser considerada muito tolerante à acidez do solo principalmente quando comparada com outras culturas (ROSSETTO et al., 2004). Acrescente-se que, respostas expressivas da cultura à calagem ocorrem em solos deficitários em nutrientes, além da soma de diversos fatores desfavoráveis.

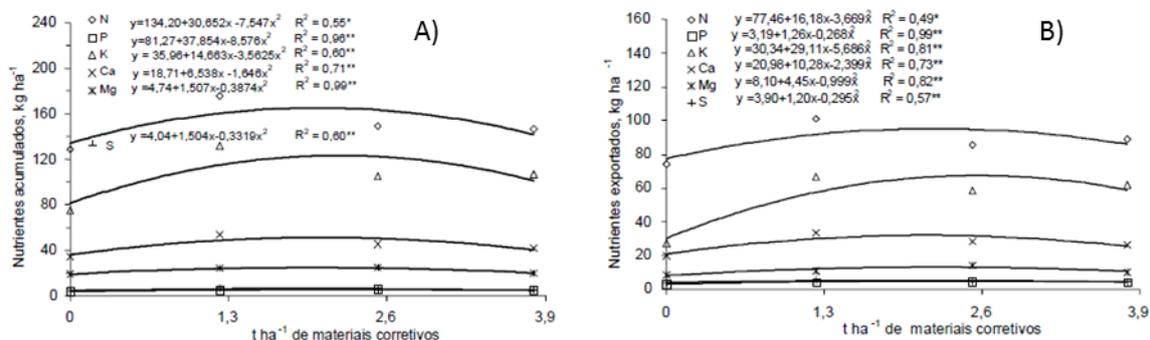
Em pesquisa realizada por Prado et al. (2002), utilizando calcário e escória da siderurgia como materiais para correção do solo, os pesquisadores verificaram que na medida em que as doses de calcário e de escória eram aumentadas, as plantas de cana planta (Figura 2A) e cana soca (Figura 2B) respondiam de forma positiva com incremento de produção, ressaltando-se que não havia diferenças entre os tipos de materiais corretivos. Assim, pode-se inferir que o aumento da produção da cultura possui relação com a correção do solo, pela influência sobre as características do solo, de modo a proporcionar melhorias nas condições do ambiente de cultivo, conforme descrito anteriormente em (AMARAL, 2002; GATIBONI et al., 2003; ALLEONI et al., 2005; KAMINSKI et al., 2005).

**Figura 2 - Produtividade da cana planta (A) e cana soca (B) em função da aplicação de doses crescentes de calcário e escória da siderurgia. \* e \*\* indicam níveis de significância (1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente) da análise de regressão polinomial. Fonte: Prado et al. (2002).**



Para Prado et al. (2002), as respostas positivas da cana planta e da cana soca ao calcário estão diretamente atreladas às alterações na disponibilidade dos nutrientes no solo em decorrência da correção. Esta informação é ratificada pelo fato do acúmulo e exportação de nutrientes na parte aérea das plantas terem aumentado com a aplicação de calcário e escória siderúrgica, conforme ilustrado nas figuras 3A e B.

**Figura 3 - Produtividade da cana planta (A) e cana soca (B) em função da aplicação de doses crescentes de calcário e escória da siderurgia. \* e \*\* indicam níveis de significância (1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente) da análise de regressão polinomial. Fonte: Prado et al. (2002).**



Estudando os efeitos da calagem e da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar, em diversos locais do estado de São Paulo, Rosseto et al. (2004) reportaram que houve respostas da cultura à calagem, muito embora estas respostas tenham sido evidenciadas em apenas duas usinas dentre seis em que foram instalados experimentos. Estes autores verificaram incremento na produtividade de colmos na Usina Amália, localizada em Santa Rosa Viterbo e na Usina São José, localizada em Macatuba (Tabela 1).

**Tabela 1 - Médias de produtividades de colmos de cana-de-açúcar obtidas com cana soca em dois experimentos em diferentes locais do estado de São Paulo.**

Calagem	Usinas	
	Amália	São José
-----Produtividade t ha <sup>-1</sup> -----		
0	147,4	123,9
1/5 NC	151,1	136,2
NC	154,5	132,4
2 NC	155,2	132,5
F	3,85*	5,72**
C.V. (%)	4,2	5,7

**C.V.: coeficientes de variação, \*\*, \*: significativo a 1 e 5% pelo teste estatístico de Fischer respectivamente, NC: necessidade de calagem. Fonte: Adaptado de Rosseto et al. (2004).**

As respostas da cana-de-açúcar à calagem verificadas por Rosseto et al. (2004) podem ser justificadas pelo fato dos solos dos locais onde os experimentos foram desenvolvidos serem todos de baixa fertilidade, e a calagem faria parte das recomendações de manejo da fertilidade desses solos. Os autores acrescentam que em todos os locais o pH era inferior a 4,6, os teores de Ca<sup>+2</sup> menores que 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e a saturação por bases inferior a 27%.

O calcário, quando combinado com outros insumos pode sofrer algumas reações, sendo estas positivas ou negativas no que tange a produção, além dos atributos qualitativos do produto colhido da cultura da cana-de-açúcar. Assim, após realização de pesquisa para averiguar os efeitos da palhada, do calcário e da vinhaça nos atributos químicos do solo e na produtividade desta cultura, Watanabe et al. (2004) verificaram que, embora não tenha influenciado o rendimento agrícola, as combinações destes insumos promoveram alterações nos parâmetros de qualidade da matéria prima colhida de cana (Tabela 2).

**Tabela 2 - Rendimento agrícola e parâmetros de qualidade da matéria prima da cana-de-açúcar.**

Tratamentos	t ha <sup>-1</sup>	°Brix	Pol % cana	AR%
01	101,44a	13,56ab	10,58ab	0,85a
02	105,34a	12,98ab	10,00ab	0,88a
03	108,52a	14,52ab	11,42a	0,83a
04	94,52a	12,00b	8,85b	0,97a
05	90,48a	15,28a	11,67a	0,89a
06	100,04a	13,46ab	10,40ab	0,87a

**Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferenciam ao nível de 5% no teste de Tukey. 1- vinhaça, calcário e palhada (aplicação única); 2- vinhaça e calcário (4 aplicações) e palhada (aplicação única); 3- calcário (4 aplicações) vinhaça e palhada (aplicação única); 4- calcário misturado à vinhaça e palhada (aplicação única); 5- testemunha sem vinhaça, sem calcário e sem palhada e 6- testemunha com palhada, sem calcário e sem vinhaça. Toneladas por hectare (t ha<sup>-1</sup>), teor de sólidos solúveis (°Brix), percentagem de açúcares polarizáveis (Pol %) e percentagem de açúcares redutores (AR%). Fonte: Watanabe et al. (2004).**

Watanabe et al. (2004) cientificaram que a manutenção da palhada na superfície foi suficiente para se obter ganhos em produtividade na ordem de 10 t ha<sup>-1</sup>. Estes pesquisadores enfatizaram que estes resultados refletem, sobretudo, a absorção, transporte e acúmulo de nutrientes, sendo estes benefícios são decorrentes do equilíbrio entre cátions e ânions dentro da planta, pelo fato destes estarem ligados aos diversos processos fisiológicos, promovendo o desenvolvimento da planta.

#### **4. Considerações finais e perspectivas**

Com base na abordagem teórica acerca das implicações da calagem no solo e na produção da cultura da cana-de-açúcar, verificou-se que a aplicação de calcário é preponderante para o condicionamento do solo, melhorando os atributos físicos e químicos de modo a promover condições ideais de crescimento e desenvolvimento pleno da cultura.

Analisando-se a evolução tecnológica e científica da calagem em cana-de-açúcar, é possível pode-se inferir que houveram mudanças expressivas para bom manejo da cultura, com propostas de recomendações de calagem ajustadas para tipos de solos diferentes e variados sistemas de cultivo, contribuindo de maneira marcante para incremento da produção de cana.

As perspectivas denotam aumento expressivo na utilização do calcário para correção dos solos e disponibilidade de nutrientes à cultura. Este cenário evidencia um campo vasto para pesquisas com possibilidades de geração de conhecimentos técnicos e científicos além de geração de tecnologias viáveis para a agricultura e meio ambiente.

#### **Referências**

ALLEONI, L. R. F.; CAMPRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 923-934, 2005.

AMARAL, A. S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 107p. (Tese de Doutorado).

BARBOSA, E. A. A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SILVA, T. J. A. da; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. **Revista Brasileira de**

**Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 952-958, 2012.

BARROS, A. C.; COELHO, R. D.; MARIM, F. R.; POLZER, D. L.; AGUIAR NETO, A. de O. Utilização do modelo canegro para estimativa de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e não irrigada para as regiões de Gurupi – TO e Teresina – PI, **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 189 - 207, 2012a.

BARROS, A. C.; COELHO, R. D.; MARIM, F. R.; MEDEIROS, P. R. F. de; AGUIAR NETO, A. de O.; POLZER, D. L. Produtividade da cana-de-açúcar RB83-2847 irrigada em Paranaíba, Paraná, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, n. 2, p. 97-105, 2012b.

BENEDINI, M. S. Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar, **COPERSUCAR**, Série Agronômica, n. 16, 1 ed. 1988. 19p.

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; PARIZ, C. M.; MAEDA, A. S.; GARCIA, C. M. de P. Qualidade e produtividade da cana planta e cana soca em função de doses e fontes de manganês. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 198-205, 2012.

CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W. de; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. de S.; SANTIAGO, A. D.; ARISTIDES, E. V. dos S. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 809-818, 2012.

CARLIN, S. D.; RHEIN, A. F. de L.; SANTOS, D. M. M. dos. Efeito simultâneo da deficiência hídrica e do alumínio tóxico no solo na cultivar IAC91-5155 de cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 553-564, 2012.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-Açúcar**. Primeiro levantamento. Brasília: Conab, 2012. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_04\\_10\\_09\\_19\\_04\\_boletim\\_de\\_cana.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_10_09_19_04_boletim_de_cana.pdf)>. Acesso em: junho de 2012.

DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In.: HEINZ, D. J. (Ed.) **Sugarcane improvement through breeding**. 1987. p. 7-84.

FAO-UNESCO. **Soil Map of the World**. v. 1: Legend. UNESCO, Paris, 1974, 59 pp.

GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J. P. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 282-290, 2003.

GUO, T. R.; ZHANG, G. P.; LU, W. Y.; WU, H. P.; WU, F. B.; CHEN, J. X.; ZHOU, M. X. Effect of Al on dry matter accumulation and Al and nutrients in barleys differing in Al tolerance. **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, Beijing, v. 9, p. 324-330, 2003.

KAMINSKY, J.; SANTOS, D. R. dos; CATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. da. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 29, p. 573-580, 2005.

CONYERS, M.K.; HEENAN, D.P.; MCGHIE, W.J. & POILE, G.P. Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 72, p.85-94, 2003.

MARQUES, M. O.; MUTTON, M. A.; NOGUEIRA, T. A. R.; TASSO JÚNIOR, L. C.; NOGUEIRA, G. de A.; BERNARDI, J. H. **Tecnologia na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. 219p.

NEGRÃO, L. C. P.; URBAN, M. L. P. Álcool como "commodity" internacional. **Economia & Energia**, n. 47, 2005. Disponível em: <[ecen.com/eee47/eee47p/alcool\\_commodity.htm](http://ecen.com/eee47/eee47p/alcool_commodity.htm)>. Acesso em: 12 de maio de 2013.

NATALE, W.; PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p.1475-1485, 2007.

PEREIRA, A. P. de A.; SILVA, M. C. de B.; OLIVEIRA, J. R. de S.; RAMOS, A. P. de S.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J.; KUKLINSKY-SOBRAL, J. Influência da salinidade sobre o crescimento e a produção de ácido indol acético de *Burkholderia* spp. endofíticas de cana-de-açúcar, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 112-121, 2012.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p.129-135, 2002.

RAIJ, V. B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RHEIN, A. F. de L. SANTOS, D. M. M. dos; CARLIN, S. D. Atividade da enzima redutase do nitrato e teores de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar sob os estresses hídrico e ácido no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1345-1360, 2011.

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

SANTOS, I. B. dos; LIMA, D. R. M. de; BARBOSA, J. G.; OLIVEIRA, J. T. C.; FREIRE, F. J.; KUKLINSKY-SOBRAL, J. Bactérias diazotróficas associadas a raízes de cana-de-açúcar: solubilização de fosfato inorgânico e tolerância à salinidade, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 142-149, 2012.

SILVA, T. G. F. da; MOURO, M. S. B. de; ZOLNIER, E.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. de S.; JÚNIOR, W. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

SINGH, V. P.; TRIPATHI, D. K.; KUMAR, D.; CHAUHAN, D. K. Influence of exogenous silicon addition on aluminium tolerance in rice seedlings, **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 144, p. 1260-1274, 2011.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

STAUT, L. A. **Condições dos solos para o cultivo de cana de açúcar**. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo18.html#sdfootnote4sym>> Acesso em 06 de maio de 2013.

UNICA, 2004. **Cana-de-açúcar: história**. www.unica.com.br. Disponível em: <[http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao = memória & SubSecao=cana-de-açúcar&SubSubSecao=história&id=%20and%20id=1](http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao = mem%0032ria & SubSecao=cana-de-açúcar&SubSubSecao=hist%0032ria&id=%20and%20id=1)> Acesso em 06 de maio de 2013.

VITORINO, L. B.; SILVA. A. de A.; LANA, R. M. Q. Influência da adubação com dejetos orgânicos e adubo mineral sobre o teor de metais pesados no solo e na cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 72-82, 2012.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, 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: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 93-100, 2004.

**Recebido em 29/08/14 e Aceito em 18/03/15.**