

Gessagem em cana de açúcar efeitos no solo e produção

Gypsum in sugarcane: effects on soil plant and production

Renner Luciano de Souza Ferraz¹, Marcelo de Andrade Barbosa², Fernando Oliveira Franco³, Jane Lima Batista⁴, Durvalina Maria Mathias dos Santos⁵

Resumo: Atualmente diversos pesquisadores buscam informações relevantes acerca das interações entre o homem e o meio ambiente. Pesquisas voltadas para o recuso natural solo são realizadas com frequência, sobretudo no que tange às plantas de interesse para o agronegócio incluindo as bioenergéticas. Assim, objetivou-se com esta revisão fazer uma abordagem teórica acerca das implicações da gessagem no solo e na produção da cultura da cana-de-açúcar. A aplicação de gesso agrícola é uma técnica importante para o condicionamento do solo, melhorando os atributos físicos e químicos, contribuindo de forma expressiva para o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar. As perspectivas indicam incremento da utilização do uso de gesso, para elevação de Ca^{2+} e Mg^{2+} em profundidade, aumentando assim a disponibilidade de nutrientes à cultura. Estes achados tornam evidente um campo vasto para pesquisas científicas visando melhorias significativas para a agricultura e meio ambiente.

Palavras-chaves: *Saccharum* spp. Gesso agrícola. Produtividade. Meio ambiente.

Abstract: Currently many researchers seek relevant information about the interactions between man and the environment. Research for the natural soil refuse are performed frequently, especially in relation to plants of interest for agribusiness including bioenergy. Thus, the aim of this work is a theoretical approach of the implications of gypsum in soil and crop production of sugarcane. The application of gypsum is to important for soil conditioning technique, improving the physical and chemical attributes contributing significantly to the growth and full development of sugarcane. The prospects indicate increase and optimize the use of gypsum, both for correction of soils and for the supply of nutrients to the culture. These findings make it clear a wide field for scientific research aimed at significant improvements to agriculture and environment.

Key words: *Saccharum* spp. Agricultural gypsum. Productivity. Environment.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 02/07/2015; aprovado em 29/12/2015

¹Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal - SP.

²Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal - SP.

³Aluno de Pós-graduação em Agronomia/Ciência do Solo na Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP - Campus Jaboticabal SP,

⁴Possui graduação em Tecnologia em Agronegócios pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Taquaritinga, SP

⁵Doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Campus de Rio Claro, SP

INTRODUÇÃO

Não é de hoje que as sociedades têm demonstrado preocupação com as perspectivas de alterações negativas no planeta (LEPRE et al., 2015), sendo estas alterações ameaçadoras ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável (ASTE et al., 2015). Neste sentido, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas abordando temas diversos inerentes às questões ambientais. Como exemplo podem ser citados trabalhos que abordam o meio ambiente e sociedade (TAN; LU, 2015), turismo (TANG, 2015), arborização urbana (KABISCH et al., 2015), aquecimento global (ASTE et al., 2015), construções (QINGQIN; MIAO, 2015) e energias renováveis proveniente de biomassa (DUREN et al., 2015).

Diante do exposto, é importante salientar que, dentre os recursos naturais que compõem o meio ambiente, o solo merece destaque (FERRAZ et al., 2015). Assim, em relevante contribuição com a literatura pertinente Hemond; Fechner (2015) reportam que, o ambiente subsuperficial do solo é muito importante, notadamente por constituir o sustentáculo para desenvolvimento de florestas, pastagens e culturas de interesse para o agronegócio. Acrescente-se que, a gestão de recursos naturais, sobretudo solo e água, é objeto de estudo contemporâneo e potencial para o futuro, justificável pelo aumento populacional e demanda por alimentos, evidenciando culturas importantes como arroz, trigo, milho, algodão e cana-de-açúcar para suprimento alimentar e outras finalidades específicas (SINGH, 2015).

A cana-de-açúcar é atualmente cultivada em muitos países tropicais. Dentre as nações com potencialidades de produção, o Brasil tem grande destaque no volume produzido, sendo o principal produtor mundial desta cultura. Matéria prima para a produção de etanol, a cana tem como principal subproduto o açúcar, além de ser muito utilizada na produção de outros produtos alimentícios (ALVES et al., 2014), além de ser utilizada como forragem para alimentação animal, e mais recentemente como fonte promissora para a produção de bioenergia (SZCZERBOWSKIA et al., 2014).

Diante da importância econômica da cana-de-açúcar o manejo do solo e os cuidados com o mesmo são indispensáveis para incrementar a produção desta cultura e garantir a qualidade de seus produtos (FERRAZ et al., 2015). Ante ao exposto, o gesso é um condicionador químico que tem sido muito utilizado por agricultores para a correção de solos sódicos, seguido de outros corretivos químicos sintéticos ou naturais (OLIVEIRA et al., 2014). De fato, sua larga utilização ocorre devido ao baixo custo, disponibilidade e fácil manuseio deste insumo. O gesso é excelente fonte de cálcio e enxofre para as plantas, o cálcio acompanhado de sulfato tem-se revelado uma fonte diferenciada por aumentar os teores de cálcio em plantas em proporção maior do que as observadas quando são utilizadas quantidades equivalentes de carbonato de cálcio (ABDALA et al., 2008). O sulfato de cálcio promove o crescimento do sistema radicular em solos com baixo teores de cálcio ou saturação por alumínio elevada, nos quais reduz a atividade do alumínio, aliviando sua toxidez.

Nesta conjectura, objetivou-se com este trabalho fazer uma abordagem teórica acerca das implicações da gessagem 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.

A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.; Poaceae) é uma planta cultivada com origem na 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 os tempos do 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, é conveniente salientar que, 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. 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 prospecções contemporâneas que apontam cada vez mais para uma agricultura centrada na sustentabilidade (FERRAZ et al., 2015).

Gesso agrícola

O gesso agrícola é um insumo largamente utilizado como condicionador de solo, sobretudo como neutralizante de alumínio e sódio. Carvalho et al. (2013) reportam que este insumo desempenha funções preponderantes para condicionamento do solo e consequente reflexo no rendimento e na qualidade da produção da cana-de-açúcar, conferindo maior lucratividade aos produtores.

Na agricultura, notadamente no cultivo da cana-de-açúcar, o gesso é empregado como fonte de enxofre, visando suprir adequadamente este nutriente para a cultura (BLUM et al., 2013). A aplicação de gesso contribui para a redução da saturação por alumínio trocável e aumenta a disponibilidade de cálcio em profundidade, melhorando o

condicionamento do solo e favorecendo o desenvolvimento da cana (MARQUES et al., 2008).

Em virtude de sua importância, a busca por este insumo tem se mostrado crescente. Nesta conjectura, deve-se salientar que o gesso apresenta baixo custo e relativa abundância, sendo encontrado em várias partes do mundo (BARROS et al., 2004).

Este cenário evidencia o gesso como um insumo importante para o agronegócio no mundo, denotando o interesse de pesquisadores e produtores em utilização e estudos com o mesmo, sobretudo no que tange ao cultivo da cana-de-açúcar. Esta importância do gesso para a agricultura é ratificada por pesquisas que evidenciaram efeitos positivos no solo (LEITE et al., 2007), na planta (CARVALHO et al., 2013) e na produção (FERNANDES et al., 2007), tendo estes pesquisadores encontrado resultados relevantes acerca da aplicação de gesso na cultura da cana-de-açúcar.

GESSAGEM NA CANA

Necessidade de gessagem

O gesso agrícola é utilizado principalmente para condicionamento da sub-superfície, notadamente através da mobilização do CaSO_4 para as camadas sub-superficiais, aumentando os teores de Ca^{2+} e reduzindo a saturação por Al^{3+} . Para esta finalidade, a necessidade de gesso (NG) pode ser estimada pela seguinte relação: $\text{NG} = \frac{(\text{V}_2 - \text{V}_1) \times \text{CTC}}{500}$, onde: NG= Necessidade de gesso (t ha^{-1}); V_2 = Saturação por bases almejada na camada de 25 a 50 cm; V_1 = Saturação por bases atual na camada de 25 a 50 cm; CTC= Capacidade de troca de cátions do solo na camada de 25 a 50 cm em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, ou conforme a CTC constante na tabela 1, conforme descrito por Marques et al. (2008).

Tabela 1 - Quantidade aproximada de gesso a ser aplicada de acordo com a capacidade de troca catiônica e a saturação por bases do subsolo.

CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Saturação por bases (%)	Dose de gesso (t ha^{-1})
	<10	2,0
<30	10 a 20	1,5
	20 a 35	1,0
	<10	3,0
30 a 60	10 a 20	2,0
	20 a 35	1,5
	<10	3,5
60 a 100	10 a 20	3,5
	20 a 35	2,5

Fonte: Adaptado de Marques et al. (2008).

De acordo com Marques et al. (2008), cabe a observância de que, ao se recomendar gesso agrícola com a finalidade de condicionar a camada sub-superficial do solo, fica também satisfeito o fornecimento de enxofre (S).

Quando objetiva-se utilizar o gesso como corretivo para solos com problema de excesso de sódio, a recomendação pode ser feita com base na necessidade de gesso (NG) tomando-se por base aspectos relacionados aos teores de sódio no solo e, também, características inerentes à fonte de gesso utilizada. Neste contexto, pode-se determinar a NG por meio da seguinte equação: $\text{NG} = \text{Na} + x/y$, em que: NG= necessidade de gesso (g kg^{-1} de solo), $\text{Na} + x$ = conteúdo de sódio trocável ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), y = pureza do corretivo químico (LEITE et al., 2007).

Marques et al. (2008) reportam que em solos com problemas de saturação por potássio ($\text{K} \% > \text{CTC} > 5,0$), geralmente motivados por aplicação em excesso de vinhaça, é recomendada a aplicação de gesso, sendo esta aplicação seguida de irrigação ou, em caso de ocorrência, fornecimento natural de água por ocasião de precipitação pluvial.

Aplicação de gesso

A aplicação do gesso na cana-de-açúcar, visando à recuperação química do solo em profundidade, deve ser realizada preferencialmente após a calagem, ou pelo menos junto a ela, podendo ser direcionada tanto para a cana planta como nas soqueiras, dependendo do planejamento e da condução da lavoura (DIAS; ROSSETO, 2006).

As formas de aplicação e distribuição do gesso estão diretamente relacionadas à forma deste insumo, além de fatores relacionados ao solo. Assim, este condicionador pode ser aplicado na superfície do solo e, em seguida incorporado utilizando-se de aração ou gradagem. Acrescente-se que o gesso também pode ser aplicado diretamente na água de irrigação através do método, por demais conhecido, denominado de fertirrigação (LEITE et al., 2007). Outras formas de aplicação, que têm sido bastante discutidas na atualidade, dizem respeito ao uso de corretivos líquidos, salientando que pouco se sabe acerca da correta forma de aplicação dos mesmos.

Efeitos no solo

A eficiência do gesso agrícola como corretivo é dependente de vários fatores, como a dissolução no solo, a granulometria das partículas do gesso, a textura do solo e o método de aplicação que pode ser incorporado, aplicado na superfície ou dependendo do método, diretamente na água de irrigação (LEITE et al., 2007).

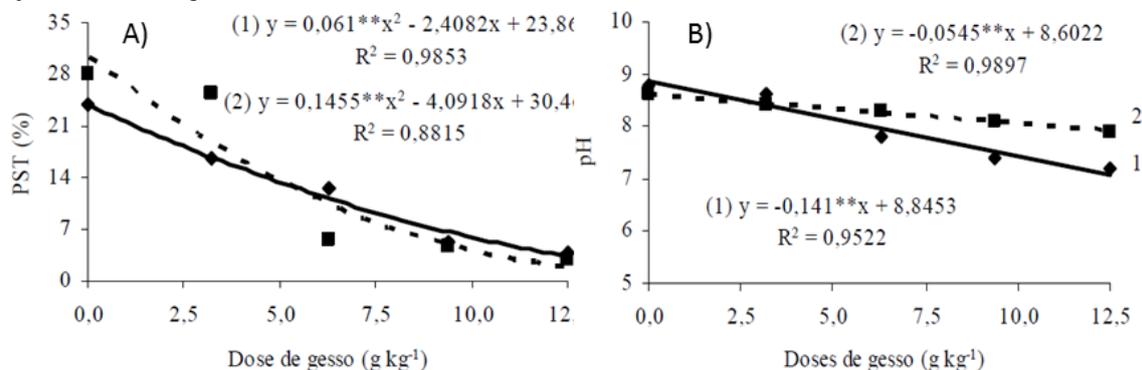
Pesquisas disponíveis na literatura demonstraram que a aplicação de gesso agrícola promoveu aumentos nos teores de Ca^{2+} trocável e S-SO_4^{2-} , e diminuição no teor de Al^{3+} trocável no solo, contribuindo para que os efeitos da calagem superficial nas características químicas do solo alcançassem, de forma mais rápida, as camadas do subsolo (0,20-0,60 m) (SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

O gesso agrícola é, comumente, utilizado para correção de problemas nos solos, dentre os quais, deve-se

considerar a sodicidade. O uso de corretivos neutros, como o gesso, tem sido largamente adotado para resolver problemas relacionados ao excesso de sódio no solo que pode comprometer diversos processos biológicos no próprio neste ambiente, além de ser extremamente prejudicial a diversas funções importantes nas plantas cultivadas (CAVALCANTE et al., 2002).

Em pesquisa realizada por Leite et al. (2007), objetivando avaliar o emprego de gesso agrícola na correção da sodicidade de dois Luvisolos Crômicos de textura franco-arenosa, estes pesquisadores verificaram que em ambos os solos, as doses crescentes de gesso reduziram significativamente a porcentagem de sódio trocável (PST) e o pH (Figura 1A e B).

Figura 1. Porcentagem de sódio trocável (A) e pH (B) em dois Luvisolos Crômicos sódicos de textura franco-arenosa em função de doses de gesso



. Fonte: Adaptado de Leite et al. (2007).

Também verificou-se que, a adição de gesso e subsequente lavagem, elevou de forma significativa o teor de cálcio e magnésio conforme ilustrado nas figuras 2A e 2B e reduziu os teores de sódio solúvel (Figura 2C) e sódio trocável (Figura 2D) nos dois solos estudados.

Os pesquisadores (LEITE et al., 2007) salientam que estes comportamentos, observados nas características dos solos, são justificados pela redução da condutividade elétrica (CE) dos mesmos, notadamente em função da aplicação das doses de gesso, que melhoram as condições do solo reduzindo a sodicidade. Acrescente-se que, o aumento nos teores de magnésio pode estar atrelado à ação do gesso na solubilização dos sais do solo.

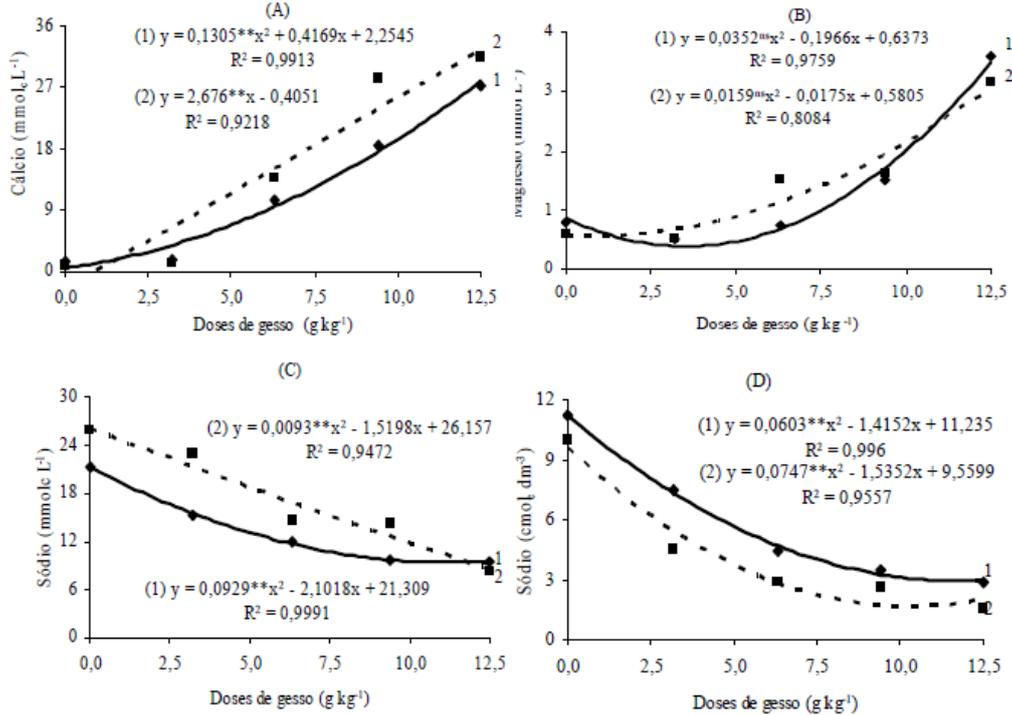
Por apresentar baixo custo e relativa abundância, sendo encontrado em várias partes do mundo, o gesso é o corretivo mais utilizado para recuperação de solos sódicos e salino-sódicos (BARROS et al., 2004). Estes pesquisadores, ao estudarem o efeito do gesso e do calcário para recuperação de solos afetados por sais, constataram que as aplicações de gesso e a combinação de gesso + calcário contribuíram para diminuição da sodicidade dos mesmos. As modificações verificadas na

concentração de sais, expressa pela CE do extrato da pasta saturada após a aplicação dos corretivos (Figura 3) comprovam a eficiência dos tratamentos utilizados na remoção dos sais solúveis e do sódio trocável do solo.

Na pesquisa conduzida por Barros et al. (2004), também verificou-se que na medida em que eram incrementadas maiores doses de gesso combinado com calcário em diversas formas de aplicação, ocorreu aumento expressivo da relação de adsorção de sódio do extrato de saturação na profundidade de 0-5 cm do solo (Figura 4).

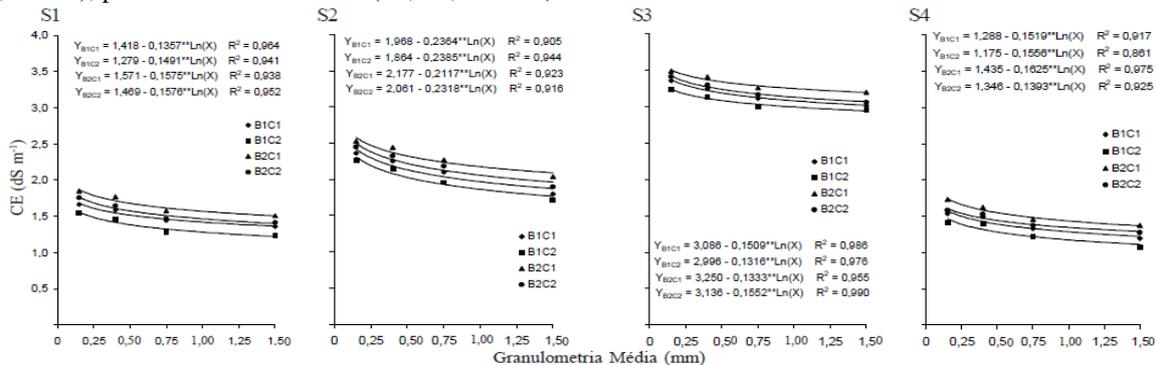
Barros et al. (2004) concluíram que a aplicação de gesso e da mistura de gesso + calcário revelou-se técnica eficaz de correção da sodicidade dos solos em estudo, indicada por um efeito positivo sobre as características dos solos, podendo ser recomendadas como fontes de cálcio para recuperação de solos salino-sódicos. O gesso, quando aplicado nas granulometrias mais finas (0,5 - 0,3 e < 0,3 mm) mostrou melhor desempenho na redução da relação de adsorção de sódio do extrato de saturação dos solos, e na conseqüente substituição do sódio trocável.

Figura 2. Cálcio (A), magnésio (B), sódio solúvel (C) e sódio trocável (D) em dois Luvisolos Crômico sódicos de textura franco-arenosa sob doses de gesso.



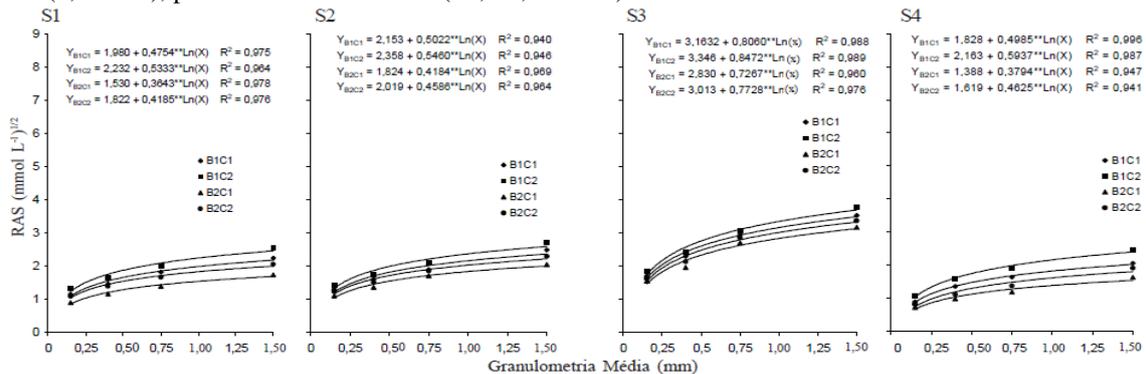
Fonte: Adaptado de Leite et al. (2007).

Figura 3. Condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação na profundidade de 0-5 cm do solo, em relação à forma de aplicação dos corretivos na superfície (B1), incorporado (B2), mistura C1 (100 % de gesso) e mistura C2 (80 % de gesso + 20 % de calcário) em função da granulometria média do gesso (G), G1 (1,5 mm), G2 (0,75 mm), G3 (0,4 mm) e G4 (0,15 mm), para 4 amostras de solos (S1, S2, S3 e S4).



Fonte: Barros et al. (2004).

Figura 4. Relação de adsorção de sódio (RAS) do extrato de saturação na profundidade de 0-5 cm do solo, em relação à forma de aplicação dos corretivos na superfície (B1), incorporado (B2), mistura C1 (100 % de gesso) e mistura C2 (80 % de gesso + 20 % de calcário) em função da granulometria média do gesso (G), G1 (1,5 mm), G2 (0,75 mm), G3 (0,4 mm) e G4 (0,15 mm), para 4 amostras de solos (S1, S2, S3 e S4).



Fonte: Barros et al. (2004).

Em estudo com aplicação de gesso, visando avaliar as alterações no solo, Caires et al. (2004) verificaram que o incremento das doses deste insumo promoveu aumento nos teores de S-SO₄²⁻ em seis camadas do solo (Figura 5).

Diante do exposto, pode-se inferir que o gesso agrícola desempenha papel de fundamental importância na correção de solos e auxilia no condicionamento dos mesmos facilitando a disponibilização de diversos nutrientes no solo, de modo a favorecer o desenvolvimento pleno do sistema radicular e refletindo no crescimento e produção da cultura de cana-de-açúcar.

Efeitos na planta e reflexos na produção

Em pesquisa recente, visando avaliar a produção da cana em função de gesso, Carvalho et al. (2013) reportam que este insumo desempenha funções preponderantes para condicionamento do solo e consequente reflexo no rendimento e na qualidade da produção da cana-de-açúcar. Entretanto, estes pesquisadores verificaram que a aplicação de gesso não promoveu alterações nos atributos tecnológicos e de qualidade (Tabela 2).

Figura 5. Efeito de doses de gesso, após 43 meses, sobre o teor de S-SO₄²⁻ do solo, extraído pelo acetato de amônio 0,5 mol L⁻¹ em ácido acético 0,25 mol L⁻¹, em diferentes profundidades. **: significativo P < 0,01. Fonte: Caires et al. (2004).

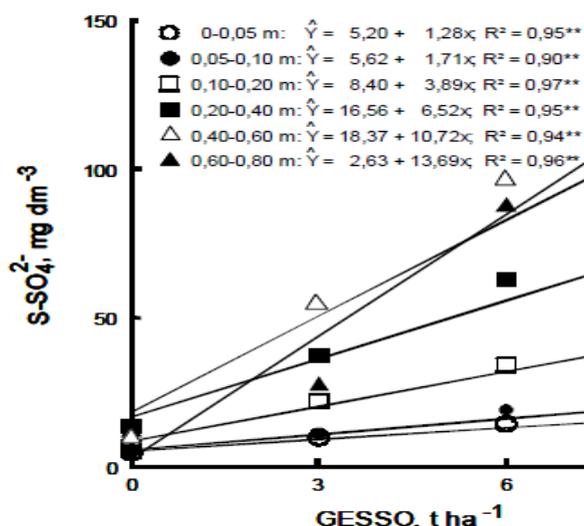


Tabela 2 - Médias dos teores foliares de macronutrientes em cultivo de cana soca, em função da aplicação de gesso e vinhaça, após 100 dias.

F.V.		CNM	NCH	TCH	BRIX	POL ¹	FIB	PUR	POL ²	AR	ATR
		C m ⁻¹	C ha ⁻¹	T ha ⁻¹	-----%-----						
Gesso	Com	7,8	51,39	97,1	20,2	17,6	87,0	13,0	14,6	0,58	150
	Sem	7,7	52,22	98,6	20,7	18,3	88,3	13,2	15,2	0,58	150
Teste F		0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,53 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,61 ^{ns}
C.V. (%)		21,3	21,3	27,0	4,3	7,3	3,9	5,3	7,4	1,3	7,1

F.V. = fonte de variação; C.V. = coeficiente de variação; NCM = número de colmos m⁻¹; NCH = número de colmos ha⁻¹; TCH = produtividade de colmos; Brix = teor de sólidos solúveis; Pol = porcentagem de açúcares polarizáveis; PUR = pureza; FIB = fibra; AR = açúcares redutores; ART = açúcares recuperáveis totais; ATR = rendimento de açúcar t⁻¹ de cana, POL¹ = Pol caldo; POL² = Pol cana e C = colmos. Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2013).

Nesta mesma pesquisa, Carvalho et al. (2013) verificaram diferenças apenas no conteúdo de cálcio nas folhas em função da aplicação de gesso quando avaliaram os teores foliares de macronutrientes da cana soca (Tabela 3).

O gesso agrícola é largamente utilizado como fonte de enxofre (S) para as plantas (BLUM et al., 2013), dentre as quais podemos citar a cana-de-açúcar. Assim, diversas pesquisas têm sido realizadas utilizando este insumo visando fornecer S para a cultura da cana. Neste contexto, visando suprir o fornecimento de S para a cultura da cana com aplicação de gesso agrícola em diferentes solos de Pernambuco (S1 textura arenosa; S2 e S3 textura média; S4 textura argilosa; e S5 textura muito argilosa),

Fernandes et al. (2007) verificaram que maiores quantidades deste insumo promoveram aumentos significativos na produção da cultura (Tabela 4).

Na literatura vigente e pertinente, existem rumores de que o aumento na emissão de enxofre, bem como níveis elevados deste elemento nos tecidos de plantas comestíveis e ainda utilizados como matéria prima, seja para alimentação humana, seja para a alimentação animal, podem acarretar diversos problemas. Neste contexto, é importante salientar que, embora tenham promovido aumentos na produção da cana, as doses de S fornecidas por meio de gesso, não incrementaram o conteúdo de enxofre nos tecidos foliares da cultura da cana-de-açúcar (Tabela 5).

Tabela 3 - Médias dos teores foliares de macronutrientes em cultivo de cana soca, em função da aplicação de gesso e vinhaça, após 100 dias.

F.V.		N	P	K	Ca	Mg	S
		g kg ⁻¹					
Gesso	Com	8,0	0,45	9,58	2,38b	0,83	1,75
	Sem	8,8	0,49	9,58	2,74a	0,88	1,87
Teste F		0,128 ^{ns}	0,248 ^{ns}	0,998 ^{ns}	0,096*	0,433 ^{ns}	0,341 ^{ns}
C.V. (%)		14,8	18,0	19,8	19,3	17,7	17,1

* Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste “t”, a 10%; *, ** e ns: significativo a 10% e 5% e não significativo, respectivamente. Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2013).

Tabela 4 - Produção de cana-de-açúcar (Mg ha⁻¹) em função das doses de enxofre, obtidas a partir de gesso agrícola, aplicadas nos solos S1, S2, S3, S4 e S5.

Solo	Doses kg ha ⁻¹	Produção Mg ha ⁻¹	Solo	Doses kg ha ⁻¹	Produção Mg ha ⁻¹	Solo	Doses kg ha ⁻¹	Produção Mg ha ⁻¹
S1	0	78,95	S2	0	137,72	S3	0	101,17
	216	85,96		167	136,84		122	111,40
	324	94,74		334	140,93		244	111,70
	432	84,21		502	131,00		366	120,76
	648	78,95		669	122,81		488	94,76
Solo	Doses kg ha ⁻¹	Produção Mg ha ⁻¹	Solo	Doses kg ha ⁻¹	Produção Mg ha ⁻¹	Solos	Produção média Mg ha ⁻¹	
S4	0	82,45	S5	0	124,55	S1	84,56	
	441	86,84		244	129,82	S2	133,86	
	662	86,84		366	139,47	S3	107,95	
	883	84,21		488	164,91	S4	84,91	
	1325	84,21		732	177,19	S5	147,19	

Solos de Pernambuco nas Usinas Santa Tereza (S1), Cucau (S2), Petribu (S3), Trapiche (S4) e Salgado (S5). Adaptado de Fernandes et al. (2007).

Tabela 5 - Teor de S na fitomassa foliar de cana-de-açúcar (Mg ha⁻¹) em função das doses de enxofre, obtidas a partir de gesso agrícola, aplicadas nos solos S1, S2, S3, S4 e S5.

Solo	Doses kg ha ⁻¹	Teor de S dag kg ⁻¹	Solo	Doses kg ha ⁻¹	Teor de S dag kg ⁻¹	Solo	Doses kg ha ⁻¹	Teor de S dag kg ⁻¹
S1	0	0,28	S2	0	0,26	S3	0	0,40
	216	0,14		167	0,21		122	0,40
	324	0,26		334	0,24		244	0,33
	432	0,17		502	0,27		366	0,40
	648	0,27		669	0,26		488	0,40
Solo	Doses kg ha ⁻¹	Teor de S dag kg ⁻¹	Solo	Doses kg ha ⁻¹	Teor de S dag kg ⁻¹	Solos	Teor médio de S dag kg ⁻¹	
S4	0	0,17	S5	0	0,26	S1	0,22	
	441	0,18		244	0,26	S2	0,25	
	662	0,23		366	0,32	S3	0,39	
	883	0,24		488	0,26	S4	0,22	
	1325	0,28		732	0,20	S5	0,26	

Solos de Pernambuco nas Usinas Santa Tereza (S1), Cucau (S2), Petribu (S3), Trapiche (S4) e Salgado (S5). Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2007).

Fernandes et al. (2007) justificaram que a cultura da cana-de-açúcar é grande extratora de enxofre do solo. Contudo, estes pesquisadores chamam atenção ao fato da legislação brasileira sobre fertilizantes não fazer exigência quanto à presença desse nutriente nas formulações. Acrescente-se que em cana-de-açúcar, a prática da queimada por ocasião da colheita causa volatilização do S contido no material vegetal, agravando, ainda mais, possíveis deficiências deste nutriente para a cultura em curto prazo, além de lançar sua forma contaminante na atmosfera.

No que tange à produção e variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de gesso, Rocha (2007) verificou que na medida em que as doses do insumo eram aumentadas ocorreu incremento na produção de cana (Figura 6A). O autor também constatou que os açúcares redutores totais recuperáveis (Figura 6B), açúcares polarizáveis (Figura 6C), Pol % de cana (Figura 6D) aumentaram em função das doses de gesso aplicadas.

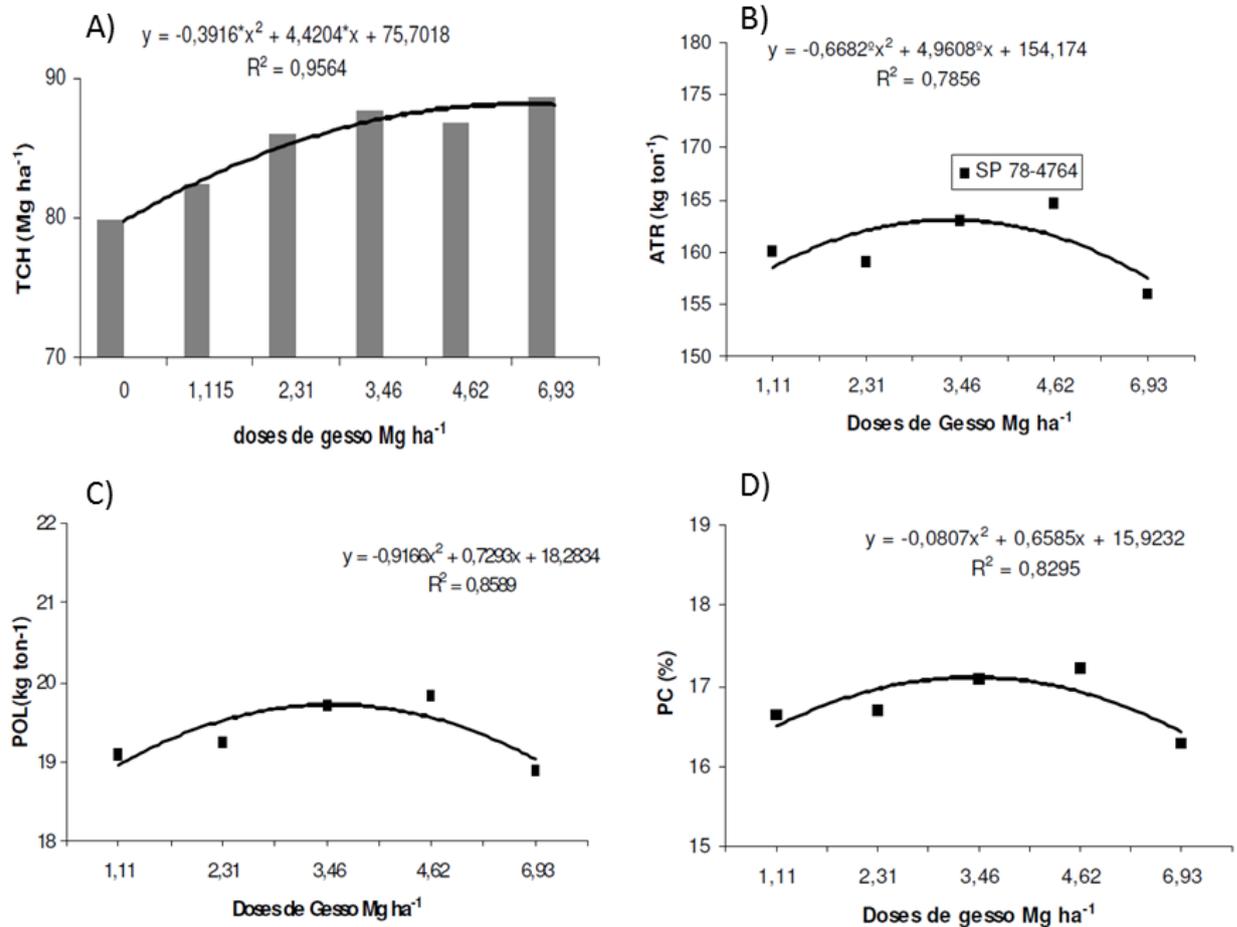
Para justificar estes resultados, notadamente o ponto de inflexão a partir da dose que promoveu maiores valores nos atributos avaliados, Rocha (2007) menciona que doses elevadas de gesso passam a ser nocivas à produção de

açúcar, por causa dos possíveis desequilíbrios de bases provocado pela descida do cálcio, conforme relatado na literatura por Caíres et al. (2004) e Mupangwa; Tagwira (2005).

A literatura pertinente evidencia que o gesso desempenha importante papel no crescimento e

desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar. Contudo o uso deste insumo deve ser feito de forma cautelosa em virtude das implicações negativas que o mesmo pode gerar à saúde do homem e ao meio ambiente.

Figura 6 - Produção de cana-de-açúcar (TCH) (A); Açúcares Redutores Totais Recuperáveis (ATR) (B), Açúcares polarizáveis (Pol) (C), Pol % de cana (PC) (D) em função das doses de gesso aos 480 dias após a aplicação dos tratamentos.



Fonte: Adaptado de Rocha (2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de gesso agrícola consiste em técnica importante para o condicionamento do solo, melhorando os atributos físicos e químicos contribuindo de forma expressiva para o crescimento e desenvolvimento pleno da cana-de-açúcar.

As perspectivas indicam incremento e otimização no uso de gesso, tanto para correção da sodicidade em solos, quanto para o fornecimento de nutrientes à cultura. Estes achados tornam evidente um campo vasto para pesquisas científicas visando melhorias significativas para a agricultura e meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, S. R. S. e; PROCHNOW, L. I.; FANCELLI, A. L. Gesso na Agricultura. **International Plant Nutrition Institute – Brasil**, v. 1, n. 112, p. 26-28, 2008.

ALVES, F. V.; POLES, L. F.; AGUIAR, C. L.; SARMENTO, S. B. S. Structural and physicochemical characteristics of starch from sugarcane and sweet sorghum stalks. **Carbohydrate Polymers**, v. 111, n. 5, p. 592-597, 2014.

ASTE, N.; BUZZETTI, M.; CAPUTO, P. District heating in Lombardy Region (Italy): Effects of supporting mechanisms. **Sustainable Cities and Society**, v. 14, n. 7, p. 43-55, 2015.

BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ V, V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 59-64, 2004.

- BLUM, S. C.; LEHMANN, J.; SOLOMON, D.; CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F. Sulfur forms in organic substrates affecting S mineralization in soil. **Geoderma**, v. 200-201, P. 156-164, 2013.
- CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 125-136, 2004.
- CARVALHO, J. M.; ANDREOTTI, M.; BUZZETTI, S.; CARVALHO, M. de P. Produtividade de cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 1-9, 2013.
- CAVALCANTE, L. F.; LIMA, R. L. S.; SANTIAGO, R. B.; CAVALCANTE, I. H. L. ARAÚJO, F. A. R. Melhoria química e física de um solo salino sódico tratado com matéria orgânica e cultivado com leguminosas forrageiras. **Ciência Agrícola**, v. 6, n. 1. p. 27-35, 2002.
- DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D. J. (Ed.) **Sugarcane improvement through breeding**. 1987. p. 7-84.
- DIAS, F.L.F.; ROSSETO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (org). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP, 2006. p.107-119.
- DUREN, I. V.; VOINOV, A.; OLUDUNSIN ARODUDU, O.; FIRRISA, M. T. Where to produce rapeseed biodiesel and why? Mapping European rapeseed energy efficiency. **Renewable Energy**, v. 74, n. 7, p. 49-59, 2015.
- FERNANDES, M. B.; FREIRE, F. J.; COSTA, F. G. B. Gesso mineral como fonte de enxofre para cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 101-109, 2007.
- FERRAZ, R. L. de S.; BARBOSA, M. de A.; BATISTA, J. L.; MAGALHÃES, I. D.; DANTAS, G. de F.; FRANCO, F. O. Calagem em cana-de-açúcar: efeitos no solo, planta e reflexos na produção. **InterfacEHS**, v. 10, n. 1, p. 166-177, 2015.
- HEMOND, H. F.; FECHNER, E. J. The Subsurface Environment. In: HEMOND, H. F.; FECHNER, E. J. **Chemical Fate and Transport in the Environment**. 3 ed. p. 219-310, Cap. 3. 2015.
- KABISCH, N.; QURESHI, S.; HAASE, D. Human–environment interactions in urban green spaces - A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 50, n. 8, p. 25-34, 2015.
- LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V. dos; ALVES, G. da S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, v. 12, n. 2, p. 168-176, 2007.
- LEPRE, H. A.; FERRAZ, R. L. de S.; TEIXEIRA NETO, J.; REIS, M. A.; PAGANINI, A. C. Gestão de resíduos da construção e demolição: Iniciativa para conscientização ambiental em Santa Ernestina - SP. **Educação Ambiental em Ação**, v. 13, n. 51, p. 1-8, 2015.
- 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.
- MUPANGWA, W. T.; TAGWIRA, F. Groundnut yield response to single superphosphate, calcitic lime and gypsum on acid granitic sandy soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 73, n. 2-3, p.161-169, 2005.
- NEGRÃO, L. C. P.; URBAN, M. L. P. Álcool como “commodity” internacional. **Economia & Energia**, n. 47, 2005. Disponível em: <ecen.com/eee47/eee47p/alcoool_commodity.htm>. Acesso em: 12 de maio de 2013.
- OLIVEIRA, F. M. de; AGUILAR, P. B. de; TEIXEIRA, M. F. F.; ASPIAZÚ, I.; MONÇÃO, F. P.; ANTUNES, A. P. da S. Características agrotecnológicas de cana-de-açúcar em diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1587-1606, 2014.
- QINGQIN, W.; MIAO, Z. Introduction of the standard for energy efficient building evaluation. **Sustainable Cities and Society**, v. 14, n. 1, p. 1-4, 2015.
- ROCHA, A. T. da. **Gesso mineral na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar e implicações na produtividade agrícola e industrial**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007. 78p. (Tese de Doutorado).
- SINGH, A. Land and water management planning for increasing farm income in irrigated dry areas. **Land Use Policy**, v. 42, n. 8, p. 244-250, 2015.
- 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.
- SZCZERBOWSKI, D.; PITARELO A. P.; ZANDONÁ FILHO, A.; RAMOS, L. P. Sugarcane biomass for biorefineries: Comparative composition of carbohydrate and non-carbohydrate components of

bagasse and straw. **Carbohydrate Polymers**, v. 114, n. 8, p. 95-101, 2014.

TAN, F.; LU, Z. Study on the interaction and relation of society, economy and environment based on PCA–VAR model: As a case study of the Bohai Rim region, China. **Ecological Indicators**, v. 48, n. 7, p. 31-40, 2015.

TANG, Z. An integrated approach to evaluating the coupling coordination between tourism and the environment. **Tourism Management**, v. 46, n. 7, p. 11-19, 2015.

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