

USO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS NAS PRODUÇÕES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL¹

CRISTIANE DE CONTI MEDINA² e OSWALDO BRINHOLI³

RESUMO - Com o objetivo de estudar os efeitos do gesso, do calcário e da mistura gesso + calcário, associados à vinhaça, nas produções agrícola e industrial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), variedade IAC 58-480, foi conduzido ensaio em solo Terra Roxa Estruturada distrófica. O ensaio foi instalado em novembro de 1986, e a cana-planta foi colhida em setembro de 1988. Foram, ainda, realizadas mais três colheitas sucessivas. Como delineamento experimental, utilizou-se o de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T₁ - 1,2 t/ha de calcário; T₂ - 0,8 t/ha de calcário + 0,4 t/ha de gesso; T₃ - 0,6 t/ha de calcário + 0,6 t/ha de gesso; T₄ - 0,4 t/ha de calcário + 0,8 t/ha de gesso; T₅ - 1,2 t/ha de gesso; T₆ - 2,4 t/ha de gesso; T₇ - testemunha. Todas as parcelas receberam 45 m³/ha de vinhaça. Após a 3ª colheita, foi feita a 2ª aplicação dos tratamentos, vinhaça e gesso, sendo o gesso aplicado em doses 4 vezes maiores do que as do plantio. Na colheita foram avaliados: comprimento e diâmetro médio de colmos; número de colmos por hectare; produção de colmos/ha; e produções de açúcar provável e álcool teórico/ha. Os resultados mostraram uma recuperação da cultura com a 2ª aplicação dos tratamentos. Maiores rendimentos foram encontrados quando o gesso foi associado ao calcário ou à vinhaça. Quando aplicada isoladamente (testemunha), a vinhaça ocasionou menores produções, tanto em peso de colmos, como em açúcar e álcool.

Termos para indexação: vinhaça, gesso.

THE USE OF BY-PRODUCTS IN SUGAR-CANE, SUGAR AND ALCOHOL PRODUCTIONS

ABSTRACT - In order to study the effect of gypsum, lime and the mixture of lime-gypsum, associated with syrup in the agricultural and industrial production and in the rooting of sugar-cane (*Saccharum* spp.), var. IAC 58-480, one experiment was carried out in soil "Terra Roxa Estrutura". Sugar-cane was planted in November 1986, and the cane-plant harvesting in September 1988. Three successive harvests were collected. The experiment was set in a randomized block design with seven treatments and four replications. The treatments were: T₁ - 1.2 ton/ha of lime; T₂ - 0.8 ton/ha of lime + 0.4 ton/ha of gypsum; T₃ - 0.6 ton/ha of lime + 0.6 ton/ha of gypsum; T₄ - 0.4 ton/ha of lime + 0.8 ton/ha of gypsum; T₅ - 1.2 ton/ha of gypsum; T₆ - 2.4 ton/ha of gypsum; T₇ - control. Syrup was applied at the amount of 45 m³/ha. In September 1990, after the third harvesting, the second application of the treatments was made, the gypsum being applied in amounts four times greater than those of that put into practice at the planting. During harvest, the following parameters were evaluated: number, length and average diameter of the stalks; yield; and probable sugar and theoretical alcohol production per hectare. The results showed that the second application of the treatments recuperated the crop. Greater yields were achieved when the gypsum was associated with lime or syrup.

Index terms: syrup, gypsum.

¹ Aceito para publicação em 20 de julho de 1998.

² Eng.^a Agr.^a, Dr.^a, Prof.^a Associada, Dep. de Agronomia, UEL, Caixa Postal 6001, CEP 86051-970 Londrina, PR. E-mail: medina@npd.uel.br

³ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular, Dep. de Agricultura e Silvicultura, FCA/UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18610-900 Botucatu, SP.

INTRODUÇÃO

Visando diminuir a dependência externa de insumos energéticos, em 1975 foi criado no Brasil o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), cujo objetivo era aumentar a produção de etanol, o que se

concretizou rapidamente em resposta à política de incentivo econômico por parte do governo.

Como conseqüência, a instalação de novas unidades e a ampliação das já existentes, possibilitaram o aumento da produção brasileira de etanol de 664 milhões de litros em 1976/77 para 11,5 bilhões de litros na safra de 1987/1988 (Copersucar, 1989).

Esse aumento programado de álcool etílico permitiu também um aumento exagerado no volume de vinhaça, o principal resíduo das destilarias de álcool, altamente poluidor e gerado à razão de 12 a 13 litros por litro de álcool produzido.

A aplicação de vinhaça nas lavouras é prática adotada pelas usinas, aumentando a produtividade da cultura; paralelamente, ocorre uma redução na concentração de açúcar. Este efeito depressor pode ser devido a um crescimento vegetativo mais vigoroso, que leva a um atraso na maturação. Apesar da diminuição na concentração de açúcar, a quantidade total produzida por área aumenta (Korndorfer, 1990). Aumento significativo na produção de colmos e Pol por hectare em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico-fase arenosa, foi constatado por Serra (1979), quando aplicou 30 e 60 m³ de vinhaça/ha. Em Terra Roxa Estruturada, o mesmo autor relata que somente com a dose de 30 m³/ha houve tendência de aumento na produção de colmos e Pol por hectare.

Embora não seja tão sensível como outras culturas à acidez do solo, a cana-de-açúcar requer níveis adequados de cálcio, magnésio, alumínio e pH (Rodella et al., 1984).

O gesso agrícola, subproduto disponível em grandes quantidades, possui características químicas e físicas que revelam seu potencial quando usado como corretivo, fertilizante ou condicionador do solo. A literatura cita vários trabalhos enfocando o efeito benéfico do gesso na produção de cana-de-açúcar. Fernandes (1985), utilizando o gesso como fonte de Ca e S para duas variedades de cana-de-açúcar, concluiu que, em pequenas doses no sulco de plantio (50 kg/ha), esse subproduto promoveu o crescimento das plantas. Em doses maiores (500 kg/ha), promoveu significativo aumento na produtividade. Quando aplicaram calcário (2,0 t/ha), gesso (2,0 e 4,0 t/ha) e P (35 kg/ha P₂O₅) em cana-de-açúcar, Lorenzetti et al.

(1992), citados por Vitti et al. (1992), observaram que as parcelas que receberam gesso tiveram produtividade superior à daquelas que receberam calcário; da mesma forma, as que receberam calcário mais gesso também foram superiores às que receberam somente calcário. Morelli et al. (1992) testaram os efeitos de quatro doses de gesso e calcário (0,0 - 2,0 - 4,0 e 6,0 t/ha) na produtividade de cana-de-açúcar, e obtiveram maiores produções quando o gesso e o calcário foram associados.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da aplicação de gesso e de calcário associados à vinhaça, no comprimento e diâmetro médio dos colmos, no número de colmos, e na produção de cana-de-açúcar, açúcar provável e álcool teórico.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em solo classificado como Terra Roxa Estruturada distrófica, localizada no município de Botucatu, Estado de São Paulo, situado à latitude de 22°52', longitude de 48°27' WGRW e altitude de 815 m.

De acordo com a análise de solo, foram aplicados no sulco de plantio 20-80-80 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, conforme recomendação de Boaretto (1986). A adubação nitrogenada em cobertura foi feita com uréia, na dosagem de 50 kg/ha de N (Boaretto, 1986). As doses de calcário e gesso aplicadas também foram baseadas na análise de solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos, foram: T₁ - 1,2 t/ha de calcário; T₂ - 0,8 t/ha de calcário + 0,4 t/ha de gesso; T₃ - 0,6 t/ha de calcário + 0,6 t/ha de gesso; T₄ - 0,4 t/ha de calcário + 0,8 t/ha de gesso; T₅ - 1,2 t/ha de gesso; T₆ - 2,4 t/ha de gesso; T₇ - testemunha. Todas as parcelas receberam 45 m³/ha de vinhaça.

A variedade utilizada foi a IAC 58-480, e o ensaio foi instalado em novembro de 1986, sendo a primeira colheita realizada em setembro de 1988. Foram feitas ainda mais três colheitas sucessivas. Após a 3ª colheita, foi feita a 2ª aplicação dos tratamentos, sendo o calcário e a vinhaça nas mesmas doses, e o gesso, aplicado em doses quatro vezes maiores do que as do plantio. Nas quatro colheitas realizadas, foram determinados: comprimento (m) e diâmetro (cm) médios de colmos, número médio de colmos por hectare ($x = \sqrt{n}^\circ$ colmos/ha), produção de colmos (t/ha), açúcar provável (t/ha) e álcool teórico (m³/ha).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção agrícola

A análise dos resultados obtidos no parâmetro comprimento médio dos colmos em cana-planta, 1ª e 3ª socas, mostra que não houve diferenças significativas entre os tratamentos; somente na 2ª soca os resultados diferiram significativamente entre todos os tratamentos, sendo o T₄ (0,4 t/ha de calcário + 0,8 t/ha de gesso) o que apresentou maior média. A testemunha esteve sempre entre as menores médias, mostrando, então, um efeito positivo da calagem e da gessagem no desenvolvimento da parte aérea (Tabela 1). Fernandes (1985) também observou aumento em altura das plantas, com a aplicação de gesso.

A aplicação de gesso, associado ou não ao calcário, não teve influência sobre a característica diâmetro médio dos colmos (Tabela 2).

Em todas as colheitas não houve diferença significativa entre os diversos tratamentos quanto à característica número de colmos/ha. Entretanto, nas quatro colheitas, ou a testemunha ou o T₁, que recebeu apenas calcário, foi a que revelou menor média, como pode-se verificar pela Tabela 3. Pode-se observar, também, por esta Tabela, que a 3ª soca apresentou o maior número de colmos/ha, possivelmente em

decorrência da nova aplicação dos tratamentos, que recuperou a cultura.

Quanto ao peso de colmos, na 1ª soca (Tabela 4) foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos. A maior média foi a do T₄, seguida do T₆, de 116,56 e 116,22 t/ha, respectivamente. Novamente, a testemunha apresentou menor média (67,69 t/ha), seguida do tratamento que recebeu somente calcário (T₁), com 75,72 t/ha. Estes resultados são concor-

TABELA 2. Diâmetro médio dos colmos (cm) obtido no ensaio com aplicação de vinhaça, calcário e gesso. Média de quatro repetições.

Tratamento	Diâmetro médio ¹				
	Cana-planta	1ª Soca	2ª Soca	3ª Soca	Média
T ₁	3,14a	2,87a	2,74a	2,76a	2,88
T ₂	3,26a	3,02a	2,75a	2,78a	2,95
T ₃	3,36a	3,10a	2,77a	2,79a	3,00
T ₄	3,32a	3,05a	2,81a	2,91a	3,02
T ₅	3,38a	3,00a	2,77a	2,78a	2,98
T ₆	3,35a	3,00a	2,82a	2,82a	3,00
T ₇	3,19a	3,00a	2,80a	2,77a	2,94
Média	3,29	3,01	2,78	2,80	2,97
CV (%)	4,68	3,59	4,68	4,97	

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si.

TABELA 1. Comprimento médio dos colmos (m) obtido no ensaio com aplicação de vinhaça, calcário e gesso. Média de quatro repetições.

Tratamento	Comprimento médio ¹				
	Cana-planta	1ª soca	2ª soca	3ª soca	Média
T ₁	2,48a	2,02a	1,74ab	1,89a	2,03
T ₂	2,54a	2,12a	1,73ab	1,93a	2,08
T ₃	2,63a	2,15a	1,75ab	1,98a	2,13
T ₄	2,71a	2,15a	1,83a	2,13a	2,20
T ₅	2,71a	2,15a	1,80a	1,98a	2,16
T ₆	2,67a	2,15a	1,81a	1,91a	2,13
T ₇	2,48a	1,90a	1,53b	1,89a	1,95
Média	2,61	2,09	1,74	1,96	2,10
CV (%)	9,55	6,56	6,37	6,76	
DMS (5%)	-	-	0,26	-	

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si.

TABELA 3. Número de colmos por ha ($x = \sqrt{n^{\circ}}$ colmos/ha) obtido no ensaio com aplicação de vinhaça, calcário e gesso. Média de quatro repetições.

Tratamento	Número de colmos ¹				
	Cana-planta	1ª Soca	2ª Soca	3ª Soca	Média
T ₁	271,52a	260,78a	271,85a	300,92a	276,27
T ₂	296,66a	286,16a	283,20a	305,30a	292,83
T ₃	296,23a	294,23a	300,44a	308,64a	299,88
T ₄	289,04a	295,51a	293,11a	318,97a	299,16
T ₅	285,71a	288,56a	276,50a	307,97a	289,68
T ₆	294,51a	295,03a	310,41a	319,56a	304,88
T ₇	271,05a	264,14a	267,52a	310,97a	278,42
Média	286,39	283,49	296,15	310,33	291,58
CV (%)	14,65	5,67	7,88	4,90	

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si.

dantes com os encontrados por Morelli et al. (1992). As menores produções observadas nos tratamentos T₇ e T₁ devem-se aos menores comprimentos dos colmos (1,90 e 2,02 m, respectivamente) (Tabela 1), e menores números de colmos/ha (264,14 e 260,78, respectivamente) (Tabela 3).

Também na 2ª soca houve diferença significativa entre os tratamentos. O T₆ foi o melhor tratamento, com média de 96,7 t/ha, e somente diferiu do tratamento testemunha, seguido do T₄, cujas médias foram de 96,71 e 86,26 t/ha, respectivamente. O menor valor da testemunha (55,82 t/ha) foi devido ao menor comprimento médio de colmos (Tabela 1), em comparação com os outros tratamentos. Este resultado está de acordo com o encontrado por Lorenzetti et al. (1992), citados por Vitti et al. (1992).

Na colheita da 3ª soca, pode-se constatar que a produção desta foi inferior apenas à da cana-planta, em consequência do maior perfilhamento das soqueiras, provavelmente por causa da nova aplicação dos tratamentos, realizada após o corte da 2ª soca.

Produção industrial

Os valores obtidos na 1ª soca mostram que houve diferença significativa entre os tratamentos, quan-

do foi avaliada a produção de açúcar provável. A maior média encontrada foi o do T₄, sendo esta igual a 15,14 t/ha. A testemunha revelou a menor média, com 9,01 t/ha. O T₁ foi superior apenas à testemunha, com 10,23 t/ha. Assim, pode-se verificar os benefícios da adição de 0,8 t/ha de gesso + 0,4 t/ha de calcário (T₄), em relação ao tratamento testemunha e ao que recebeu somente calcário e vinhaça (T₁) (Tabela 5).

Não foram encontradas diferenças significativas entre os diversos tratamentos em cana-planta, 2ª e 3ª socas.

Também na produção de álcool teórico os resultados foram significativos na 1ª soca. Da mesma forma, o T₄ apresentou a maior média, seguido do T₆, respectivamente, 9,78 e 9,58 m³/ha. Novamente, a testemunha apresentou a menor média: 5,92 m³/ha. A segunda menor média foi obtida no T₁, com 6,61 m³/ha (Tabela 6). Estes resultados estão dentro do esperado, uma vez que a produção de álcool depende da produção de açúcar.

A associação gesso-calcário resultou em maiores rendimentos industriais, à exceção da 3ª soca, quando o T₆ apresentou maiores produções, ainda que os resultados não tenham sido estatisticamente significativos.

TABELA 4. Peso dos colmos (t/ha) obtido no ensaio com aplicação de vinhaça, calcário e gesso. Média de quatro repetições.

Tratamento	Peso dos colmos ¹				
	Cana-planta	1ª Soca	2ª Soca	3ª Soca	Média
T ₁	126,00a	75,72b	62,85ab	98,26a	90,71
T ₂	152,89a	93,51ab	73,80ab	114,17a	108,59
T ₃	161,74a	101,80ab	80,13ab	100,87a	111,13
T ₄	166,91a	116,56a	86,26ab	117,79a	121,88
T ₅	156,34a	105,08ab	85,87ab	110,74a	114,51
T ₆	187,73a	116,22a	96,71a	120,97a	130,41
T ₇	123,63a	67,69b	55,82b	102,01a	87,29
Média	153,63	96,66	77,35	109,26	109,22
CV (%)	16,37	17,09	21,24	17,59	
DMS (5%)	-	39,59	38,38	-	

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si.

TABELA 5. Produção de açúcar provável (t/ha) obtida no ensaio com aplicação de vinhaça, calcário e gesso. Média de quatro repetições.

Tratamento	Açúcar provável ¹				
	Cana-planta	1ª Soca	2ª Soca	3ª Soca	Média
T ₁	16,16a	10,23bc	7,26a	12,65a	11,57
T ₂	17,39a	11,78abc	8,46a	14,71a	13,08
T ₃	19,50a	13,08abc	8,97a	12,61a	13,54
T ₄	19,33a	15,14a	10,02a	14,85a	14,83
T ₅	17,38a	13,09abc	10,08a	14,50a	13,76
T ₆	19,76a	14,83ab	9,67a	15,13a	14,85
T ₇	16,07a	9,01c	6,37a	13,22a	11,17
Média	17,94	12,45	8,69	13,95	13,26
CV (%)	17,83	16,08	26,33	17,37	
DMS (5%)	-	4,68	-	-	

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si.

TABELA 6. Produção de álcool teórico (m³/ha) obtida no ensaio com aplicação de vinhaça, calcário e gesso. Média de quatro repetições.

Tratamento	Álcool teórico ¹				Média
	Cana-planta	1ª Soca	2ª Soca	3ª Soca	
T ₁	10,44a	6,61bc	4,69a	8,17a	7,48
T ₂	11,25a	7,61abc	5,47a	9,50a	8,46
T ₃	12,60a	8,45abc	5,80a	8,15a	8,75
T ₄	12,49a	9,78a	6,47a	9,59a	9,58
T ₅	11,23a	8,47abc	6,51a	9,37a	8,89
T ₆	12,77a	9,58ab	6,25a	9,77a	9,59
T ₇	10,39a	5,92c	4,12a	8,54a	7,24
Média	11,60	8,05	5,62	9,01	8,57
CV (%)	17,86	16,03	26,33	17,37	
DMS (5%)	-	3,01	-	-	

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si.

CONCLUSÕES

1. O gesso aplicado isoladamente é superior ao calcário.
2. Incrementos de produção são obtidos com a associação gesso-calcário.
3. Nova aplicação de gesso, calcário e vinhaça recupera a cultura, protelando a reforma do canavial.

REFERÊNCIAS

BOARETTO, A.E. Análise química de terra e recomendação de calagem e adubação para as princi-

pais culturas do Estado de São Paulo. Botucatu: FEPAF, 1986. 75p.

COPERSUCAR. Proálcool; fundamentos e perspectivas. São Paulo, 1989. 121p.

FERNANDES, F.A. Efeito do gesso como fonte de calcário e de enxofre na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Piracicaba: ESALQ, 1985. 92p. Dissertação de Mestrado.

KORNDORFER, G.H. O potássio e a qualidade da cana-de-açúcar. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, v.49, p.1-3, 1990.

MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L. Efeitos de calcário e gesso na produtividade de cana-de-açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média álico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.374-375.

RODELLA, A.A.; ZAMBELLO JUNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Calibração de cálcio, magnésio e acidez do solo para a cana-de-açúcar cultivada na região de cerrado. *STAB*, Piracicaba, v.2, n.3, p. 45-48, 1984.

SERRA, G.E. Aplicação de vinhaça complementada com nitrogênio e fósforo em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba: ESALQ, 1979. 45p. Dissertação de Mestrado.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.L. Resultados experimentais do uso de gesso na agricultura-cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. *Anais...* Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.191-224.