

# Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar

*Mauro Wagner de Oliveira<sup>1</sup>*  
*Francisco Morel Freire<sup>2</sup>*  
*Geraldo Antônio Resende Macêdo<sup>3</sup>*  
*José Joaquim Ferreira<sup>4</sup>*

Resumo - A cana-de-açúcar é uma cultura de grande potencial produtivo. Alcança, em diversas lavouras, acúmulo anual de matéria natural superior a 150 t/ha. A colheita dessa matéria natural remove elevada quantidade de nutrientes e, portanto, devem-se adotar medidas para que o potencial produtivo da cana não venha a ser comprometido pelo insuficiente fornecimento de nutrientes ou pela presença de elementos em níveis tóxicos. São apresentados a avaliação da fertilidade do solo, os critérios e doses de calagem, de gessagem e de adubações químicas e orgânicas, bem como os índices técnicos de um sistema de produção de cana destinada à alimentação de vacas leiteiras, no qual foram utilizadas doses de adubos maiores que as rotineiramente recomendadas, tendo-se verificado resultados agronômicos e financeiros compensadores.

Palavras-chave: Nutriente. Calagem. Gessagem. Sistema de produção. Fertilidade do solo. Correção do solo.

## INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar, no Brasil, expandiu-se bastante nos últimos anos, influenciada pelos bons preços de venda dos seus dois principais produtos: o açúcar e o álcool. Atualmente, a área cultivada com cana situa-se próximo a 6,5 milhões de hectares.

Além da produção de açúcar e álcool, a cana tem sido muito utilizada por pequenos e médios produtores rurais para a fabricação de cachaça, rapadura e açúcar-mascavo, bem como para a alimentação de ruminantes e monogástricos. Dentre os fatores que contribuem para o interesse da cana na alimentação animal, podem-se citar:

- a) grande produção de forragem por unidade de área e facilidade de cultivo;
- b) quando madura, mantém seu valor nutritivo como forragem, durante o período da seca, além do baixo custo por unidade de matéria seca (MS) produzida;
- c) apresenta maior flexibilidade quanto às épocas de plantio e de corte, em comparação com as culturas anuais, o que facilita o gerenciamento da atividade;
- d) pode ser uma das fontes de energia de menor custo, tanto para rebanhos de pequena, quanto de média e alta produtividades.

A produtividade média dos canaviais, incluindo os colmos industrializáveis, as folhas secas e os ponteiros, tem oscilado em torno de 100 toneladas de matéria natural por hectare e esses colmos correspondem a, aproximadamente, 80% dessa massa. Entretanto, adotando manejo adequado de variedades, de calagem e de adubação e tratos culturais adequados, podem-se alcançar produtividades superiores a 150 toneladas de matéria natural por hectare. Sob irrigação complementar, a produtividade média da cana pode ultrapassar a 200 toneladas anuais de matéria natural por hectare (OLIVEIRA et al., 2002b), o que a torna ainda mais competitiva.

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Prof. Adj. UFAL-Centro de Ciências Agrárias-Dep<sup>o</sup> Fitotecnia e Fitossanidade, CEP 57100-000 Rio Largo-AL. Correio eletrônico: mwagner@ceca.ufal.br

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTCO, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: morel@epamig.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, M.Sc., Pesq. EPAMIG-CTCO, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: geraldomacedo@epamig.br

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Ph.D., Pesq. EPAMIG-CTCO, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: jucaferreira@epamig.br

## **AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO**

A cana-de-açúcar, por produzir grande quantidade de massa, extrai do solo e acumula na planta grande quantidade de nutrientes. Para uma produção de 120 toneladas de matéria natural por hectare, cerca de 100 toneladas de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 150, 40, 180, 90, 50 e 40 kg de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), respectivamente. No caso dos micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B), os acúmulos na biomassa da parte aérea, também para uma produção de 120 toneladas, são em torno de 8,0; 3,0; 0,6; 0,4; e 0,3 kg, respectivamente (OLIVEIRA et al., 1993; 2002a; ORLANDO FILHO, 1993).

Deve-se conhecer, portanto, a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo, para, se necessário, complementá-la com adubações e, se constatada a presença de elementos em níveis tóxicos, reduzir seus efeitos pela calagem e gessagem. Normalmente, avaliam-se a disponibilidade de nutrientes e a presença de elementos em níveis tóxicos no solo pela análise química da camada arável. É também de grande valia o histórico da área, sobretudo as adubações realizadas e se houve ou não ocorrência de sintomas de deficiência ou de toxidez nos cultivos anteriores.

Usualmente, coletam-se amostras de solo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade. Os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm serão utilizados para calcular a adubação e a calagem e os da camada de 20 a 40 cm, para os cálculos da necessidade de gessagem.

Antecedendo-se à coleta das amostras de solo, é necessário dividir a área em unidades homogêneas, levando-se em consideração, dentre outros, o histórico da área, os tipos de solo (cor, textura, profundidade), a localização e a topografia (várzea, encosta, platô), a cobertura vegetal e as adubações anteriores. Independente do

material utilizado para amostragem, deve-se tomar o cuidado de retirar sempre o mesmo volume de solo em cada amostra simples. Além disso, é necessário percorrer a área em ziguezague, coletando o material ao acaso, em pequenas porções, que devem ser colocadas em recipientes limpos e identificados, para que sejam misturadas, obtendo-se, então, a amostra composta.

Sacos de fertilizantes ou outros anteriormente usados com produtos que possam interferir no resultado da análise não devem ser utilizados para mistura e acondicionamento de amostras. Recomenda-se, também, não retirar amostras próximas a residências, galpões, estradas, estábulos, depósitos de fertilizantes, corretivos e, ainda, em solos encharcados ou sobre sulcos, onde foram aplicados adubos. Para obtenção de uma amostra composta, devem-se tomar entre 20 e 30 amostras simples, números esses dependentes do tamanho da área e de sua homogeneidade. Após a secagem, ao ar, da amostra composta, retiram-se cerca de 250 a 500 cm<sup>3</sup> (1/4 a 1/2 litro) de terra para, depois de acondicionados em recipiente devidamente identificado, serem enviados ao laboratório de análise de solos.

Em relação aos resultados da análise química do solo, o potássio (K), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o sódio (Na) e o alumínio (Al) são analisados quanto ao teor trocável e, mesmo havendo grande variação dos extratores químicos utilizados por diferentes laboratórios, a precisão e a exatidão dessas análises são muito grandes.

O fósforo, entretanto, é um elemento que apresenta maior reatividade com o solo e sua dinâmica é também mais complexa. Assim, há questionamentos quanto aos resultados de análises realizadas em laboratórios que utilizam diferentes métodos e extratores. Contudo, análises realizadas pelo primeiro autor, em solos cultivados com cana-de-açúcar na Zona da Mata mineira e que não foram adubados com fosfato natural, indicaram que não houve diferença significativa entre os teores de fósforo

disponível, extraídos com Mehlich 1, e os obtidos com o uso da resina de troca iônica.

Os teores de enxofre e de micronutrientes têm variado bastante em função dos métodos e extratores empregados na análise química do solo, havendo ainda grande influência da época de coleta, da umidade do solo e do preparo da amostra (PAVAN; MIYAZAWA, 1984). Assim, é de grande valia o histórico da área, especialmente quanto aos micronutrientes. Caso haja registro de deficiência destes micronutrientes em culturas antecessoras, torna-se necessário incluir na adubação esses elementos.

## **CALAGEM**

Os solos brasileiros são, em sua grande maioria, naturalmente ácidos, apresentando baixa saturação por cátions básicos, como cálcio, magnésio e potássio. A deficiência de cátions como o cálcio, associada aos altos teores de alumínio trocável, é prejudicial ao crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, de toda a cana-de-açúcar. O uso de fertilizantes nitrogenados, principalmente os amoniacais, e a remoção de cátions básicos pelas colheitas também podem contribuir para que os solos se apresentem ácidos, motivo por que tem sido prática comum na cultura da cana-de-açúcar a correção do solo.

Vários materiais podem ser usados como corretivos da acidez de solos, sendo os mais empregados os calcários calcíticos, magnesianos e dolomíticos e os silicatos de cálcio e magnésio, designados escórias de siderurgias. Nessas escórias, o teor de óxido de magnésio (MgO) varia com o material, com um valor médio oscilando ao redor de 8%, enquanto os calcários calcíticos possuem teores de MgO inferiores a 5%, os magnesianos entre 5% e 12% e os dolomíticos acima de 12%. A eficiência desses produtos na correção da acidez do solo depende, dentre outros fatores, da sua granulometria, da distribuição uniforme no campo e da disponibilidade hídrica do solo.

Em relação à recomendação do corretivo, existem alguns métodos para estimar

a necessidade de calagem (NC), definida como a quantidade de calcário com poder relativo de neutralização total (PRNT) 100%, a ser aplicada no solo para diminuir sua acidez até um nível desejado. Na maioria dos Estados brasileiros, ela tem sido estimada pelo método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio (SOUZA et al., 1997; ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999) e/ou pelo método de saturação por bases (RAIJ et al., 1996; ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999).

Para a cana-de-açúcar, tem sido recomendado elevar a saturação por bases (V) a 60%. Segundo Raij et al. (1996), a quantidade de calcário (QC) a ser usada, quando se emprega o método de saturação por base, é calculada pela seguinte expressão:

Equação 1:

$$QC (t/ha) = [(60 - V) \times T] \div PRNT$$

em que:

V = saturação por bases atual do solo;

T = capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0;

PRNT = poder relativo de neutralização total do corretivo utilizado.

Estudos conduzidos por Oliveira et al. (2004), em solos cultivados com cana-de-açúcar na Zona da Mata mineira, mostraram a necessidade de utilizar o dobro das quantidades de corretivo calculadas pelos dois métodos, neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio ou elevação da saturação por bases a 60%. Resultados semelhantes foram obtidos por Ernani e Almeida (1986) e Oliveira et al. (1997), ao compararem métodos analíticos para avaliação da necessidade de calcário dos solos dos estados de Santa Catarina e do Paraná. Também verificaram que o método de saturação por bases subestimou, demasiadamente, a necessidade de calcário dos solos estudados, sobretudo dos mais tamponados. Valores de saturação por bases inferiores aos preditos analiticamente também foram encontrados por Morelli et al. (1992), em Latos-

solo de textura média, álico, cultivado com cana-de-açúcar.

Diante das observações de Ernani e Almeida (1986), Morelli et al. (1992), Oliveira et al. (1997) e Oliveira et al. (2004), recomenda-se, para áreas com saturação por bases abaixo de 30% ou solos mais argilosos, elevar de 1,5 a 2,0 vezes a quantidade de calcário a ser aplicada, calculada pelo método de saturação por bases (Equação 1).

Há uma conceituação generalizada que a melhor relação  $Ca^{+2}:Mg^{+2}$  no solo é de 4:1. Assim, o tipo de calcário a ser usado deveria ter como base esta relação. Por outro lado, preconiza-se saturação de cátions trocáveis, em relação à CTC efetiva do solo (t), de 80% de Ca, 13% de Mg e 6% de K, proporcionando relações Ca:Mg, Ca:K e Mg:K, respectivamente de 6,15:1; 13,3:1 e 2,2:1. Ainda, vários trabalhos têm evidenciado que as concentrações de Ca e Mg na solução são mais importantes que a relação entre esses cátions (OLIVEIRA, 1993). No caso do milho, trabalhos conduzidos por Oliveira (1993) têm indicado que as variações na relação Ca:Mg do solo de 1:1 a 12:1 em solos com teores de Ca e Mg trocáveis acima de 2,32 e 0,40  $cmol/dm^3$ , respectivamente, não afetaram o rendimento nem a produção de MS do milho.

As áreas de reforma de canavial e plantio de cana nos sistemas de cultivo mínimo e de plantio direto têm aumentado, acompanhando a tendência verificada nas lavouras de milho e soja. Nesses sistemas, não se incorpora o calcário, como no preparo convencional. Para explicar a ação do corretivo aplicado, cabe ser lembrado que a mineralização dos restos culturais e da palhada de cana, à semelhança do que ocorre em áreas de plantio direto com culturas anuais (CAIRES et al., 2000), libera ânions orgânicos que complexam com Ca, Mg, K e Al, formando moléculas eletricamente neutras, que percolam no solo. Além disso, a complexação do Al trocável por esses compostos orgânicos oriundos dos resíduos vegetais propicia por si, segundo Sumner e Pavan (2000), redução da acidez do solo.

Para essas áreas, pode-se, então, recomendar a calagem somente quando a saturação por bases, na camada de 0 a 20 cm, for inferior a 40%.

A calagem nas áreas de rebrota, por sua vez, deverá ser realizada quando se constatar saturação por bases inferior a 50% na camada de 0 a 20 cm. A aplicação do corretivo deverá ser em área total, antecedendo aos tratos culturais e calculando a quantidade necessária, conforme já descrito.

## GESSAGEM

O gesso agrícola ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), subproduto da indústria de fertilizantes, é originário da reação entre o ácido sulfúrico e a rocha fosfatada, realizada para produzir ácido fosfórico. O gesso aplicado no terreno não neutraliza a acidez do solo, mas diminui a saturação de alumínio e aumenta a saturação por bases da subsuperfície, proporcionando condições para maior desenvolvimento e aprofundamento do sistema radicular da cana.

Recomenda-se aplicar gesso, quando se verificarem teores de  $Ca^{2+}$  menores que 0,4  $cmol/dm^3$  e/ou saturação por alumínio maior que 20%, na camada de 20 a 40 cm. A aplicação de gesso levará à melhoria do ambiente radicular das camadas abaixo da arável, efeito que perdura por vários anos. Por esse motivo não é necessária a reaplicação anual do gesso. Em áreas com palhada de cana ou de resíduos orgânicos sobre o solo e, se os teores de  $Ca^{2+}$  não forem muito baixos e/ou a saturação por alumínio não for muito alta, a resposta ao gesso poderá ser menor que a esperada.

As doses de gesso a serem aplicadas podem-se basear na necessidade de calagem, calculada por um dos dois critérios já mencionados ou estimadas independentemente desta, como, por exemplo, com base na textura do solo (ALVAREZ V. et al., 1999). Para a cana-de-açúcar, a quantidade de gesso a ser aplicada tem variado de 25% a 30% da necessidade de calagem da camada subsuperficial, multiplicado por um fator de correção de profundidade (perfil a ser

corrigido/20). Por exemplo: deseja-se a melhoria do ambiente radicular da camada de 20 a 60 cm que apresentou necessidade de calagem de 3,0 t/ha. Então, a quantidade de gesso será igual a 1,5 t/ha  $[(3,0 \times 0,25) \times (60-20)/20]$ . Quando as doses de gesso a serem aplicadas tiverem como base a textura do solo da camada subsuperficial, pode-se utilizar a seguinte recomendação (RAIJ, 1997): dose a ser aplicada (kg/ha) = argila (em g/kg)  $\times$  6,0. Nesse caso, o resultado deve também ser multiplicado pelo fator de correção de profundidade (perfil a ser corrigido/20).

O gesso é aplicado em área total e poderá ser ou não incorporado ao solo. Quando não for possível o seu uso, principalmente por dificuldade em adquiri-lo em pequenas quantidades, o que normalmente ocorre com pequenos produtores rurais, deve-se optar pela aplicação do superfosfato simples como fonte de fósforo, uma vez que esse fertilizante contém sulfato de cálcio. Demattê (1986) relatou o efeito da aplicação de gesso na melhoria da subsuperfície de um solo cultivado com cana-

de-açúcar (Quadro 1), podendo-se verificar que a gessagem é uma prática agrícola totalmente compensada pelos acréscimos de produtividade.

### ADUBAÇÃO MINERAL

A adubação mineral da cana baseia-se nos resultados da análise de solo, na camada de 0 a 20 cm e na produtividade que se deseja obter.

#### Nitrogênio em cana-planta

O nitrogênio é importante na nutrição e fisiologia da cana-de-açúcar, pois, dentre outras funções, é constituinte das proteínas e dos ácidos nucleicos (MALAVOLTA et al., 1989), sendo esse elemento, juntamente com o potássio, absorvido em maiores quantidades pela cultura (OLIVEIRA et al., 2002b). O N absorvido aumenta a atividade meristemática da parte aérea, resultando em maior perfilhamento e índice de área foliar (IAF) da cana-de-açúcar. Além disso, o N aumenta a longevidade das folhas. Esse incremento no IAF eleva a eficiência do uso da radiação solar, medi-

da como taxa de fixação de gás carbônico ( $\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ), aumentando, portanto, o acúmulo de MS.

O acúmulo de N pela cana-de-açúcar varia de acordo com a cultivar, a idade da cultura e a disponibilidade do N e de outros elementos na solução do solo e também depende de fatores edafoclimáticos. Para as variedades atualmente mais plantadas, trabalhos conduzidos por Oliveira et al. (2002b) indicaram que a extração de N oscila em torno de 1,2 kg/t de matéria natural da parte aérea. Considerando que as raízes e os rizomas correspondem, em média, a 30% da massa de toda a planta, pode-se estimar que para cada tonelada de matéria natural acumulada pela parte aérea ocorre absorção de 1,5 kg de N pela planta. Portanto, para sistemas com produtividade superior a 120 t/ha de matéria natural, a quantidade de N absorvida pela cultura ultrapassa, então, 180 kg/ha.

A absorção e o metabolismo do nitrogênio são muito influenciados pela disponibilidade de fósforo. Em plantas com suprimento inadequado de P há redução na absorção do nitrato da solução do solo; a translocação de nitrato das raízes para a parte aérea diminui, aumentando o acúmulo de aminoácidos em folhas e raízes. Magalhães (1996) observou enorme influência da disponibilidade de P, tanto da solução nutritiva quanto da endógena, na absorção e metabolismo do N pelo milho (Gráfico 1). Plantas bem supridas de fósforo antes e durante o estudo de cinética (+P; +P) apresentaram absorção de nitrato praticamente constante durante o experimento. No entanto, plantas que foram privadas antes e durante a fase experimental (-P; -P) não conseguiram absorver o nitrato da solução.

Acredita-se que a cana-planta, por ter maior suprimento de P, quando comparada com as rebrotas, apresente comportamento semelhante ao verificado nas plantas de milho bem supridas de fósforo (+P; +P). Em pesquisas conduzidas pelo primeiro autor, na região de Passos, Sul de Minas Gerais, verificou-se que o aumento da dose de P, aplicada no sulco de plantio, reper-

QUADRO 1 - Elevação da saturação por bases (V) de camadas da subsuperfície de um solo cultivado com cana-de-açúcar, avaliada três anos depois da aplicação de gesso

Dose de gesso (t/ha)	Camada (cm)	V (%)	Produção de colmos industrializáveis (t/ha)			
			2º corte	3º corte	4º corte	Média
Testemunha	0 a 20	60	97	106	59	87
	20 a 40	25				
	40 a 60	15				
0,50	0 a 20	60	99	114	60	91
	20 a 40	58				
	40 a 60	18				
1,0	0 a 20	60	96	113	65	97
	20 a 40	48				
	40 a 60	25				
2,0	0 a 20	64	105	125	71	101
	20 a 40	45				
	40 a 60	23				

FONTE: Dados básicos: Demattê (1986).

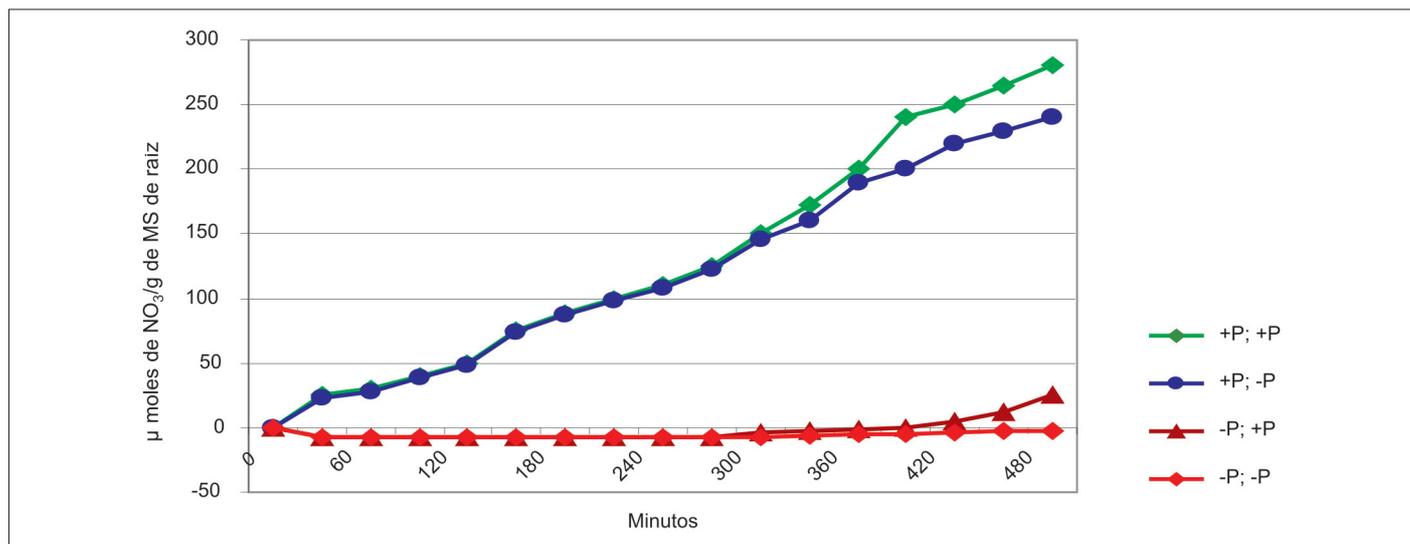


Gráfico 1 - Absorção de nitrato por plantas de milho com diferentes suprimentos de fósforo

FONTE: Dados básicos: Magalhães (1996).

NOTA: Adequado antes e durante o estudo (+P; +P), adequado antes e ausente durante o estudo (+P; -P), ausente antes e adequado durante o estudo (-P; +P) e ausente antes e durante o estudo (-P; -P).

MS – Matéria seca.

cutiu em maiores acúmulos de N na biomassa da parte aérea da cana-planta, ou seja, para cada quilograma de P aplicado houve aumento de cerca de um quilograma de N nessa biomassa. Esses resultados certamente são os efeitos das alterações causadas na absorção e metabolismo do N, conforme observado por Magalhães (1996).

Deve-se ressaltar, entretanto, que tem sido verificado baixa resposta da cana-planta à adubação nitrogenada e as causas

dessa baixa resposta não estão suficientemente esclarecidas. Vários autores atribuíram-na à variabilidade experimental, à mineralização da matéria orgânica (MO) e dos restos culturais, às épocas de aplicação do fertilizante e às perdas por lixiviação e desnitrificação (CANTARELLA; RAIJ, 1986; DEMATTÊ, 1997). Entretanto, em experimento conduzido por Oliveira et al. (2002c) com cana-planta cultivada em solo arenoso e adubada com uréia marcada ( $^{15}\text{N}$ ) não foram observadas perdas por lixiviação

do N derivado do fertilizante (Gráfico 2). Foi pequeno o movimento do  $^{15}\text{N}$ -adubo, sendo que mais de 70% do fertilizante recuperado no solo encontrava-se na camada de 0 a 30 cm. Ocorreu perda mensurável somente do N nativo do solo ou dos restos culturais, o que foi equivalente a 4,5 kg/ha. Assim, caso se opte pela adubação nitrogenada da cana-planta, o fertilizante nitrogenado, em doses que variam de 60 a 100 kg/ha, deverá ser aplicado no fundo do sulco de plantio, juntamente com o P e o K.

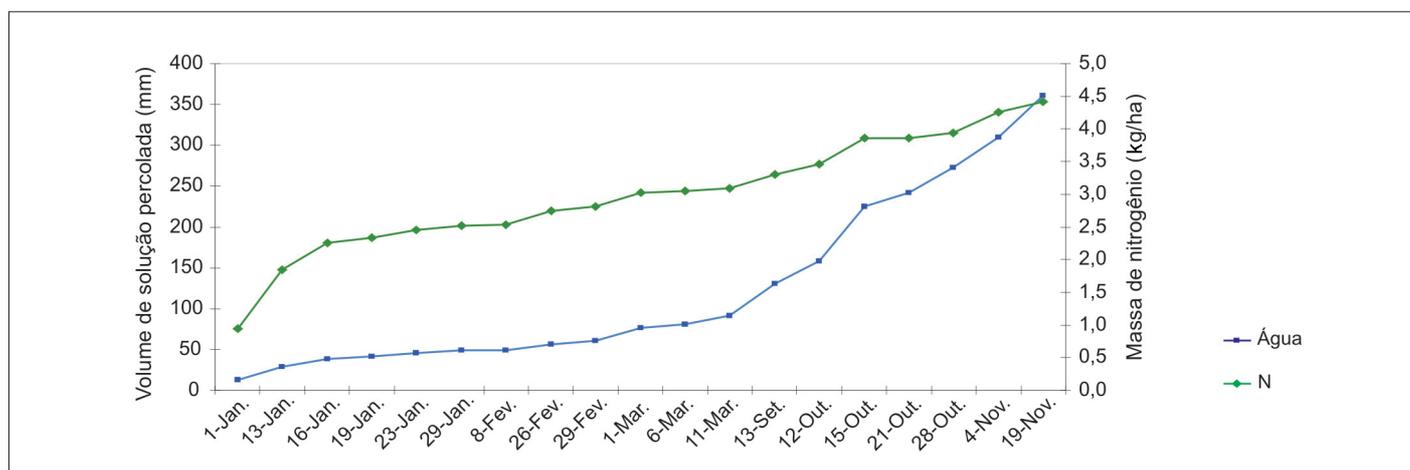


Gráfico 2 - Volume de solução e de massa de nitrogênio percoladas durante o período experimental

## Nitrogênio em rebrotas

As respostas nas rebrotas de cana à adubação nitrogenada são mais freqüentes que na cana-planta, com percentual acima de 90%. Como recomendação geral, sugere-se aplicar 1,0 kg de N por tonelada de matéria natural acumulada na parte aérea. Uma vez que os colmos industrializáveis representam em média 80% da matéria natural da parte aérea, produtividades de 100 t de colmos corresponderiam a 125 t de matéria natural. Nesse caso, a recomendação de adubação seria de 125 kg/ha de N, devendo o adubo nitrogenado ser aplicado, em dose única, juntamente com o K.

A uréia tem sido o fertilizante nitrogenado mais usado na adubação da cana em razão, principalmente, do menor custo por unidade de N, em comparação com outras fontes. A aplicação de uréia sobre o solo ou sobre a palhada poderá levar a grandes perdas de N por volatilização de amônia, da ordem de 40% (OLIVEIRA et al., 1999a). Por isso, recomenda-se enterrá-la no solo, à profundidade de, aproximadamente, 7,0 cm. Quando não for possível enterrar a uréia, deve-se irrigar para incorporá-la ao solo ou adubar antes de uma chuva, o que é possível somente em pequenas áreas. Na impossibilidade dessas ações, deve-se optar pelo uso de fontes amoniacais, como o sulfato de amônio ou nítricas.

## Fósforo

A maior dose de fósforo deve ser aplicada no fundo do sulco de plantio. Essa aplicação a uma profundidade maior aumenta a absorção do nutriente pela cana, pois a disponibilidade hídrica da subsuperfície varia menos que na superfície. Mesmo aplicando dose maior de P no plantio, há necessidade de adubações fosfatadas nas rebrotas. Nos Quadros 2 e 3, são apresentadas as recomendações para adubação fosfatada de cana-planta no fundo do sulco de plantio, considerando-se o extrator utilizado na análise química do solo: Mehlich 1 ou resina de troca iônica, bem como a classe de fertilidade do solo.

QUADRO 2 - Doses de fósforo sugeridas para a adubação da cana, com base na disponibilidade do fósforo extraído com Mehlich 1 e na expectativa de produção de matéria natural

Expectativa de produção no ciclo de cana-planta (t/ha)	Classe de fertilidade do solo		
	Baixa	Média	Alta
	<sup>(1)</sup> Dose de P (kg/ha)		
Menos de 100	70	-	-
100 a 150	80	60	40
150 a 180	90	70	50
Maior que 180	100	80	60

(1) Para transformar P em  $P_2O_5$ , multiplica-se o valor desejado por 2,29.

QUADRO 3 - Doses de fósforo sugeridas para a adubação da cana, com base na disponibilidade do fósforo extraído com resina de troca iônica e na expectativa de produção de matéria natural

Expectativa de produção no ciclo de cana-planta (t/ha)	Fósforo extraído (mg/dm <sup>3</sup> )			
	0-6	7-17	16-40	> 40
	<sup>(1)</sup> Dose de P (kg/ha)			
Menos de 100	80	44	30	20
100 a 150	90	55	40	26
Mais de 150	100	66	45	35

FONTE: Dados básicos: Raij (1997).

(1) Para transformar P em  $P_2O_5$ , multiplica-se o valor desejado por 2,29.

Não é provável obter produtividade acima de 150 toneladas, quando o P extraído com resina for menor que 6,0 mg/dm<sup>3</sup>. Entretanto, em pesquisas conduzidas por Oliveira et al. (2002b), em áreas de Cerrado recém-desbravadas no Noroeste de Minas Gerais, com teor de P inferior a 6,0 mg/dm<sup>3</sup>, obteve-se produtividade superior a 200 toneladas de colmos por hectare, em cana-planta com ciclo de 14 meses, adubada com 100 kg/ha de P e que recebeu irrigação complementar de apenas 120 mm.

O fósforo aplicado por ocasião do plantio da cana assegura, na maioria das vezes, suprimento adequado do elemento para a cana-planta e para a primeira rebrota, devendo-se utilizar formulações contendo

P na adubação das rebrotas posteriores. Antecedendo à adubação fosfatada, deve-se analisar o solo na camada de 0 a 20 cm e, caso a saturação por bases (V) seja inferior a 60%, recomenda-se, primeiramente, realizar uma calagem para elevá-la para esse valor. O adubo fosfatado deverá ser aplicado juntamente com o N e o K.

Nas grandes lavouras, a adubação N-P-K das rebrotas é realizada simultaneamente com as operações de subsolagem e cultivo da entrelinha. Em pequenas e médias propriedades, especialmente naquelas onde se colhe a cana queimada ou para a alimentação animal, a sulcagem da entrelinha da cana com arado de tração animal para posterior adubação tem apresentado

bons resultados. O adubo N-P-K é aplicado no sulco aberto na entrelinha da cana e, posteriormente, coberto com terra, usando-se novamente implemento de tração animal.

Nas rebrotas posteriores à primeira, a dose de P utilizada pode-se basear na restituição do P removido pela colheita. Nesse caso, para cada tonelada de matéria natural devem-se aplicar de 200 a 300 g de P. Por exemplo, para uma produção de matéria natural da rebrota de 120 t/ha, cerca de 100 toneladas de colmos industrializáveis devem ser aplicadas de 24 a 36 kg/ha de P.

### Potássio

A adubação potássica da cana é realizada no plantio e após cada corte, em consequência de a cana-planta e as rebrotas responderem bem a essa adubação, que se baseia nos resultados da análise de solo da camada de 0 a 20 cm, na produtividade de que se deseja obter e na utilização da cana.

Quando a cana se destina à alimentação do gado, deve-se elevar a dose de K a ser aplicada, pois a remoção desse nutriente será maior, uma vez que se colhe a cana com os ponteiros e as folhas secas. A massa de K, contida nos ponteiros e folhas secas da cana, oscila em torno de 70 kg/ha (OLIVEIRA et al., 1999b), podendo, na cana-planta, alcançar 140 kg/ha (OLIVEIRA et al., 2002a). Não há necessidade de parcelar o K, pois as perdas por lixiviação são pequenas (OLIVEIRA et al., 2002c) e não compensam os custos de uma nova adubação.

Nos Quadros 4, 5 e 6 são apresentadas as recomendações para adubação potássica da cana-planta e das rebrotas, considerando as expectativas de produção e a disponibilidade de K, tendo como extrator o Mehlich 1 ou a resina de troca iônica.

A dose de K a ser aplicada nas rebrotas pode-se também basear na restituição do K removido pela colheita, à semelhança do sugerido para as adubações nitrogenada e fosfatada. Embora a absorção e a remoção de K variem entre as cultivares de cana-de-

QUADRO 4 - Sugestão de doses de potássio para a adubação da cana, com base na disponibilidade do potássio extraído com Mehlich 1 e na expectativa de produção de matéria natural

Expectativa de produção no ciclo de cana-planta (t/ha)	Classe de fertilidade do solo		
	Baixa	Média	Alta
	<sup>(1)</sup> Dose de K (kg/ha)		
Menos de 90	80	-	-
90 a 120	100	80	60
120 a 150	120	100	80
150 a 180	140	120	100
Mais de 180	160	140	120

(1) Para transformar K em K<sub>2</sub>O, multiplica-se o valor desejado por 1,20. Quando a cana for colhida para a alimentação animal, sugere-se elevar em 25% a dose de K recomendada.

QUADRO 5 - Sugestão de doses de potássio para a adubação da cana, com base na disponibilidade do potássio extraído com resina de troca iônica e na produtividade esperada

Expectativa de produção no ciclo da cana-planta (t/ha)	K extraído com resina (mmol/dm <sup>3</sup> )				
	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	> 6,0
	<sup>(1)</sup> Dose de K (kg/ha)				
Menos de 100	100	80	40	40	0
100 a 150	150	120	80	60	0
Mais de 150	200	160	120	80	0

FONTE: Dados básicos: Raij (1997).

(1) Para transformar K em K<sub>2</sub>O, multiplica-se o valor desejado por 1,20.

QUADRO 6 - Sugestões de doses de potássio para a adubação das rebrotas, com base na disponibilidade do potássio extraído com resina de troca iônica e na produtividade esperada

Expectativa de produção da rebrota (t/ha)	K extraído com resina (mmol/dm <sup>3</sup> )		
	0-1,5	1,6-3,0	> 3,0
	<sup>(1)</sup> Dose de K (kg/ha)		
Menos de 60	90	60	30
60 a 80	110	80	50
80 a 100	130	100	70
Mais de 100	150	120	90

FONTE: Dados básicos: Raij (1997).

(1) Para transformar K em K<sub>2</sub>O, multiplica-se o valor desejado por 1,20.

açúcar, pode-se considerar que, para cada tonelada de matéria natural colhida por hectare, há, em média, uma remoção de 1,5 kg de K.

Não há necessidade de parcelar o potássio utilizado nas adubações das rebrotas, em conseqüência das possíveis perdas por lixiviação. Nos estudos conduzidos por Oliveira et al. (2002c) não foram verificadas perdas de K por lixiviação. Esses resultados foram confirmados por Sampaio e Salcedo (1991) que também observaram que as perdas de K, por percolação abaixo de 100 cm de profundidade, foram de 9,0 kg/ha, totalmente compensados pelo aporte de K provenientes da água da chuva, 18 kg/ha.

O cloreto de potássio tem sido a fonte de K mais utilizada nas adubações. Entretanto, outros resíduos contendo K devem também ser considerados, como, por exemplo, a vinhaça, subproduto da fabricação do álcool. A vinhaça pode substituir a adubação potássica, devendo a quantidade de K fornecida por ela ser, assim, integralmente deduzida da adubação mineral. O volume de vinhaça aplicado tem variado de 60 a 300 m<sup>3</sup>/ha, dependendo da concentração de K. A concentração de K na vinhaça originária do mosto misto é, em média, duas vezes maior que na vinhaça originária do caldo, com valores oscilando em torno de 2,5 e 1,2 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

### Enxofre

Pode-se dispensar o uso de enxofre em áreas que receberam aplicação de vinhaça ou gesso agrícola. Em áreas carentes desse nutriente, aplicar pelo menos 30 kg/ha de S (KORNDÖRFER et al., 1999). O sulfato de amônio (22 a 24% de S) e o superfosfato simples (10% a 12% de S) são boas fontes de enxofre.

### Micronutrientes

Em grande parte das áreas cultivadas com cana-de-açúcar no Brasil tem ocorrido suprimento adequado de micronutrientes pelo solo, dispensando, portanto, o seu uso nas adubações químicas. Entretanto, a implantação de canaviais em áreas menos férteis ou marginais, associada à adubação com fertilizantes concentrados e ao plantio de variedades de alta produtividade, que cada vez mais aumentam a absorção e exportação de nutrientes, tem causado deficiência de micronutrientes em diversas lavouras de cana-de-açúcar, havendo, nesses casos, a necessidade de fornecer os micronutrientes pela adubação.

A análise de solo e o histórico da área e da variedade têm sido utilizados como métodos preditivos de avaliação, quanto à possibilidade de ocorrência de deficiência de micronutrientes. A análise de solo deve ser associada ao histórico da área e da va-

riedade, porque os resultados analíticos são influenciados pelo extrator utilizado, pelas características do solo e da variedade e, também, pela época de coleta da amostra, havendo, inclusive, relatos de efeitos marcantes da temperatura ambiente e da umidade do terreno sobre os teores de micronutrientes (PAVAN; MYASAWA, 1984; PEREIRA et al., 2001).

Estudos realizados por Cantarella et al. (1998) apontaram que as melhores correlações entre os teores de Zn ou de Cu nos solos e as concentrações desses micronutrientes nas plantas foram obtidas pelo método que utiliza a solução de ácido dietiltriâminopentacético (DTPA), como extratora, comparativamente àqueles dos extractores Mehlich 1 e HCl. Segundo Cantarella et al. (1998), existe uma tendência de o DTPA ser mais eficiente que o Mehlich 1 e o HCl naquelas situações em que a disponibilidade de Zn e de Cu é alterada pela calagem. Quanto ao Mn, as soluções ácidas e quelatantes têm mostrado coeficientes de correlação entre Mn no solo e na planta muito elevados. Contudo, analisando solos que receberam adubação com óxidos de Mn, observou-se a tendência de o DTPA ser o melhor extrator.

No Quadro 7, são citados os teores mínimos de disponibilidade de micronutrientes no solo, extraídos com solução de DTPA

QUADRO 7 - Valores mínimos de disponibilidade de micronutrientes no solo, extraídos com solução de DTPA e Mehlich 1

Disponibilidade	Extrator							
	DTPA				Mehlich 1			
	Elementos							
	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn	Fe
	mg/dm <sup>3</sup>							
Baixa	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 1,2	≤ 4	≤ 0,8	≤ 1,0	≤ 6	≤ 19
Média	0,3-0,8	0,6-1,2	1,3-5,0	5-12	0,8-1,2	1,0-1,5	6-8	19-30
Alta	> 0,8	> 1,2	> 5,0	> 12	> 1,2	> 1,5	> 8	> 30

FONTE: Dados básicos: Pereira et al. (2001).

e Mehlich 1, abaixo dos quais esses micronutrientes devem ser fornecidos às plantas pela adubação. As doses de Cu, Zn, Mn, e Fe a serem aplicadas, no caso de deficiência, são respectivamente: 2,5 a 6,0; 5,0 a 7,0; 3,0 a 6,0 e 6,0 a 10,0 kg/ha, utilizando-se óxidos, cloretos e sulfatos.

### AValiação DO ESTADO NUTRICIONAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

A análise química das folhas da cana-de-açúcar é mais uma forma de avaliar o estado nutricional das lavouras. A preferência pelas folhas deve-se ao fato de serem a parte da planta que, de modo geral, reflete melhor as variações no suprimento de nutrientes, tanto do solo, quanto das adubações. Em cana-de-açúcar tem sido recomendado coletar as folhas +2 ou +3. A folha +1 é, no sentido descende do colmo, a primeira que apresenta a lígula (região de inserção da bainha foliar no colmo) totalmente visível. Para a análise química, utiliza-se o terço mediano da folha +2 ou +3, excluída a nervura central.

As amostras do terço mediano devem ser primeiramente lavadas em água corrente limpa e, posteriormente, em água destilada. A seguir, o material deve ser seco a 65°C até o peso constante. Caso não seja possível esta secagem, devem-se enviar, rapidamente, as amostras para o laboratório, onde serão analisadas. No Quadro 8, estão citadas as faixas de concentrações de nutrientes, consideradas adequadas.

### ADUBAÇÃO VERDE

Adubação verde é o cultivo de plantas com o propósito de incorporá-las ao solo. Dentre as características desejáveis de uma planta a ser utilizada como adubo verde podem-se citar:

- possibilidade de mecanização, da semeadura à colheita de sementes;
- ausência de sementes dormentes;
- sistema radicular vigoroso e profundo;
- capacidade de associar-se a bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico;

- crescimento rápido para controlar plantas daninhas;
- possuir mecanismos ou sintetizar compostos, que auxiliem no controle de pragas, nematóides por exemplo, e doenças.

Diversas leguminosas possuem estas características, mas de modo geral há preferência pela *Crotalaria juncea*, na região Centro-Sul do Brasil, e pela *Crotalaria spectabilis*, em Alagoas e Pernambuco. A *Crotalaria juncea* é de crescimento inicial muito rápido, o que lhe confere grande competitividade com plantas daninhas, mas muito sensível ao período de escuro, florescendo precocemente sob noites crescentes e, conseqüentemente, interrompendo o crescimento. Por isso, quando seu cultivo for para adubação verde, deve-se fazer o semeio no começo de outubro ou tão logo seja possível. Para a produção de sementes, estas devem ser semeadas em março.

Em pesquisas conduzidas pelo primeiro autor em duas regiões de Minas Gerais, Alto Paranaíba e Zona da Mata, verificou-

QUADRO 8 - Faixas de concentração de nutrientes no terço médio da folha +2 ou +3, consideradas adequadas

Fonte	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/kg					
<sup>(1)</sup> Malavolta et al. (1989)	19-21	2,0-2,4	11-13	8,0-10	2,0-3,0	2,5-3,0
<sup>(2)</sup> Malavolta et al. (1989)	20-22	1,8-2,0	13-15	5,0-7,0	2,0-2,5	2,5-3,0
Raij et al. (1996)	18-25	1,5-3,0	10-16	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
Orlando Filho (1983)	16 - 26	2,0-3,5	6 -14	4,3-7,6	1,1-3,6	1,3-2,8
	Micronutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	mg/kg					
<sup>(1)</sup> Malavolta et al. (1989)	15-50	8-10	200-500	100-250	0,15-0,30	25-50
<sup>(2)</sup> Malavolta et al. (1989)	—	8-10	80-150	50-125	—	25-30
Raij et al. (1996)	10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50
Orlando Filho (1983)	6-29	9-17	76-392	73-249	—	—

(1) e (2) Faixas de concentração para a cana-planta e rebrotas, respectivamente.

se acúmulo de MS pela *Crotalaria juncea*, semeada em outubro, em torno de 15 t/ha, com concentração de nitrogênio oscilando em 20 g de N, por kg de MS. Assim, para produtividade de MS de 15 t/ha, a quantidade de N fixada e/ou reciclada é de 300 kg/ha. Em áreas densamente infestadas com capim-marmelada, a inclusão da crotalária no sistema aumentou em 320% a massa de N sobre o solo, pois o acúmulo pela vegetação natural da área de pouso foi de 66 kg/ha de N, enquanto na área com a crotalária este acúmulo ultrapassou a 250 kg/ha, quantidade suficiente para assegurar uma produção de 230 toneladas de matéria natural de cana por hectare. Carceres e Alcarde (1995) relataram que nas áreas em que se incorporou a crotalária ao solo, comparativamente ao pouso, ocorreu incremento de produtividade na cana-planta da ordem de 15 toneladas de colmos por hectare.

A produção de MS da *Crotalaria juncea* e de *Crotalaria spectabilis* em Alagoas e Pernambuco tem oscilado em 4,5 t/ha de MS. Essa baixa produção de MS, comparativamente às verificadas no Centro-Sul, deve-se principalmente à época de semeadura, início do período chuvoso: abril – início de maio, portanto, sob noites longas crescentes. Em Alagoas, nas áreas em que se pratica a adubação verde com *Crotalaria spectabilis*, tem sido comum realizar a sulcagem direta, sem a prévia aração do solo (Fig. 1), à semelhança dos sistemas de cultivo mínimo adotados para outras culturas.

## RESTOS CULTURAIS E RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA

A palhada é o principal resto cultural, havendo também diversos resíduos originários da industrialização da cana-de-açúcar, dentre eles, a vinhaça, a torta de filtro, as cinzas das caldeiras e o bagaço, que são rotineiramente utilizados nas adubações, como fontes de nutrientes e de MO.

A quantidade de palhada que permanece sobre o solo após a colheita da cana



Figura 1 - Sulcagem para plantio da cana (cultivo mínimo) em solo coberto por *Crotalaria spectabilis*

não despilhada a fogo, varia com a cultivar e as práticas agrícolas adotadas, com valores que oscilam de 12 a 18 t/ha (OLIVEIRA et al., 1999b). Em trabalhos conduzidos por estes autores na região de Ribeirão Preto, SP, verificou-se que dos nutrientes contidos na palhada, somente o K apresentou grande liberação durante um ano de permanência desse resto cultural no campo (Quadro 9). Assim, à exceção do K, os nutrientes contidos na palhada não contribuirão de forma expressiva para a nutrição da cana, no ciclo subsequente ao corte.

A vinhaça e a torta de filtro são os principais resíduos da industrialização da cana. A vinhaça, que apresenta como principais constituintes o potássio, o cálcio e a MO, é utilizada geralmente nas adubações das rebrotas e pode, conforme discutido anteriormente, fornecer todo o K para a cultura. De acordo com a origem da vinhaça, as concentrações dos elementos podem variar, devendo-se realizar análise química antes da sua aplicação, mas de modo geral a concentração de K na vinhaça originária do mosto misto é, em média, como já mencionado anteriormente, duas vezes maior que

naquela oriunda do caldo, com valores oscilando em 2,5 e 1,2 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

A torta de filtro apresenta elevado percentual de umidade, cerca de 75%, e teores médios de P e Ca que variam, respectivamente, entre 5,0 e 10 kg e 15 e 36 kg por tonelada de MS. É empregada principalmente nas adubações da cana-planta, sendo aplicada no fundo do sulco de plantio na dosagem média de 30 t/ha de matéria natural ou em área total, usando o dobro da dose. Considerando uma aplicação de 40 t/ha de matéria natural de torta de filtro, em torno de 10 t de MS, com um teor médio de 7,0 kg de P por tonelada de MS, há um aporte de 70 kg/ha de P, dispensando, para a maioria dos solos, a adubação fosfatada por ocasião do plantio.

A compostagem de resíduos orgânicos, principalmente do bagaço da cana, é mais uma opção do uso desses resíduos na adubação da cana e melhoria das propriedades físico-químicas do solo. Uma avaliação da viabilidade técnica e econômica do uso do composto orgânico, à base de bagaço de cana, no plantio, foi feita pelo

QUADRO 9 - Massa de matéria seca (MS), quantidade de nutrientes e carboidratos estruturais nas amostras de palhada da cana recém-colhida, sem queima (ano de 1996) e na remanescente um ano após (ano de 1997)

Ano	MS (t/ha)	Nutrientes (kg/ha)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	C
1996	13,9 a	64 a	6,6 a	66 a	25 a	13 a	9 a	6.255 a
1997	10,8 b	53 a	6,6 a	10 b	14 b	8 b	8 a	3.642 b
Carboidratos estruturais (kg/ha)								
	Hemicelulose	Celulose	Lignina	Conteúdo celular	C/N	C/S	C/P	
1996	3.747 a	5.376 a	1.043 a	3.227 a	97 a	695 a	947 a	
1997	943 b	5.619 a	1.053 a	2.961 b	68 b	455 b	552 b	

FONTE: Oliveira et al. (1999b).

NOTA: Médias seguidas de mesma letra para a mesma variável não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

primeiro autor em solos com grande heterogeneidade física e alta capacidade de adsorção de fósforo. Testaram-se diferentes misturas percentuais de bagaço de cana e esterco de cama de frango, desde 100 kg de bagaço até 80 kg de bagaço + 20 kg de cama de frango, acrescidas de 5,0 kg de sulfato de amônio. Findo o processo de compostagem aplicaram-se 15 toneladas do material por hectare, no fundo do sulco de plantio da cana. Sobre o composto foi distribuído o adubo 06-30-24, na dose de 500 kg/ha. Os resultados mostraram que o composto que propiciou maior produtividade da cana foi a mistura de 100 kg de bagaço + 5,0 kg de sulfato de amônio, obtendo-se incremento de 55 toneladas de colmos por hectare, em comparação ao tratamento que recebeu somente adubação química. O custo de produção e aplicação do composto equivaleu a 23,5 toneladas de colmos e o uso desse composto permitiu ganho líquido de 31,5 toneladas de colmos por hectare. Os resultados obtidos neste estudo mostram que mesmo sendo o bagaço de cana um resíduo pobre em nutrientes, seu efeito sobre as propriedades físicas do solo, principalmente a aeração e a capacidade de retenção de água, causou maior aumento de produtividade do que aquele verificado para compostos mais ricos em

nutrientes, mas também mineralizados mais rapidamente.

### **ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CANA DESTINADA À ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

Foram avaliados, pelo primeiro autor, os custos de um sistema de produção de cana-de-açúcar utilizada para a alimentação de vacas leiteiras e sua relação com o preço do leite em propriedade rural, localizada no município de Mercês, Zona da Mata mineira. O plantio da cana ocorreu no final de setembro, início do período chuvoso. Os resultados das análises de solo revelaram teores de P inferiores a 10 mg/kg e médios de K, Ca e Mg, apresentando saturação por bases próxima a 60% da CTC a pH 7,0. O solo foi arado e gradeado, sulcando-se, a seguir, com espaçamento de 1,40 m. O adubo, mistura de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, correspondendo às quantidades de 100; 87 e 167 kg/ha de N, P e K, respectivamente, foi aplicado no fundo do sulco, tendo-se plantado as variedades RB72-454, RB83-5486, RB85-5536, RB86-7515 e SP80-1816. Em junho do ano subsequente ao plantio avaliaram-se a produção de matéria natural e o acúmulo de MS e de nutrientes na parte aérea das cul-

tivares, amostrando-se seis parcelas com área de 2,8 m<sup>2</sup> cada, dentro de cada talhão.

Em outubro, realizou-se a adubação da cana de primeira rebrota, repondo-se 90% da massa de N e K exportada pela colheita: 180 kg/ha de N e 225 kg/ha de K, usando-se a uréia e o cloreto de potássio. Em julho do ano subsequente ao do corte da cana-planta, avaliaram-se novamente a produção de material natural, MS e de nutrientes na cana de primeira rebrota. Os índices técnicos e os insumos utilizados para a produção da cana estão descritos no Quadro 10. A partir desses números obteve-se para cada biênio a receita da venda da cana necessária para pagar as despesas, valor este designado de ponto de equilíbrio, uma vez que foram considerados os custos de produção da cana-planta e da primeira rebrota. Definido o ponto de equilíbrio e tendo-se o valor médio do preço do litro de leite, calculou-se a quantidade de litros necessária para pagar as despesas correspondentes a 30 kg de cana. Assim procedeu-se porque, na maioria das propriedades produtoras de leite o consumo de cana tem sido da ordem de 30 kg por vaca, por dia.

O acúmulo de biomassa na parte aérea da cana foi de 150 toneladas no ciclo de cana-planta e 160 toneladas na cana de pri-

QUADRO 10 - Índices técnicos e insumos utilizados para a produção de um hectare de cana-de-açúcar

Discriminação do índice técnico, do insumo ou da despesa	Cana-planta (ha)	Cana de primeira rebrota (ha)
Aluguel da terra Valor equivalente em toneladas de cana industrializável	14 t	14 t
Preparo do solo e sulcagem do terreno	6,5 h/m	-
Mudas de cana O preço da tonelada de mudas de cana é duas vezes maior que o da tonelada de cana vendida para a industrialização	12 t	-
Fertilizantes		
Uréia	220 kg	360 kg
Superfosfato triplo	450 kg	-
Cloreto de potássio	320 kg	390 kg
Mão-de-obra para plantio e tratos culturais Considerou-se que o valor de um dia homem (d/H) é 1/15 do salário mínimo em razão dos encargos sociais	13 d/H	06 d/H
Herbicidas e formicida		
Ametrina	4,0 L	4,0 L
2,4 D	1,5 L	1,5 L
MSMA	4,0 L	-
Gramoxone	-	1,5 L
Mão-de-obra para o corte da cana À semelhança do item Mão-de-obra, considerou-se que o valor de um dia homem (d/H) é 1/15 do salário mínimo	30 d/H	30 d/H

NOTA: MSMA – Metano arseniato ácido monossódico; h/m – Hora/máquina.

meira rebrota (Fig. 2). Cerca de 80% dessa biomassa foi constituída de colmos industrializáveis, percentual semelhante ao verificado em diferentes regiões canavieiras do Brasil e do mundo.

A fertilidade do solo, onde se instalou o experimento, é de mediana a baixa, mas a produtividade alcançada iguala-se às obtidas por Dias et al. (1999) em solo de alta fertilidade natural, na região de Ribeirão Preto, SP.

No ciclo de cana-planta, os itens que mais oneraram a produção foram as mudas de cana, a adubação, o aluguel da terra e o corte da cana, enquanto que para a cana de primeira rebrota, somente a adubação representou cerca de 40% dos gastos (Quadro 10).

A quantidade de fertilizante utilizada no presente estudo, com base no critério de restituição de elementos exportados pela colheita, é maior que a rotineiramente utilizada nas adubações de rebrota da cana (RAIJ, 1997). Contudo, no presente estudo verificou-se aumento de produtividade no ciclo de primeira rebrota de, aproximadamente, 10%, enquanto na grande maioria das lavouras canavieiras observa-se decréscimo de produtividade do primeiro para o segundo corte, oscilando em torno de 15%. Citando resultados de diversos estudos conduzidos pelo Programa de Melhoramento de Cana da Cooperativa dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (Copersucar), Fernandes (2000) afirma que os decréscimos

de produtividade da cana-planta para a cana de primeira rebrota variam em torno de 25%.

O incremento na adubação do presente estudo, em relação às recomendações de Raij (1997), foi de, aproximadamente, 100 kg/ha de uréia e 190 kg/ha de cloreto de potássio. Com base nos preços dos fertilizantes no ano de 2005, verifica-se que esse incremento na adubação aumentou as despesas em R\$336,15, mas elevou a produtividade em 30 toneladas, gerando um aumento de renda de R\$1.050,00, pois o preço da tonelada de cana naquele ano foi de R\$35,00. Assim, para cada real investido na adubação adicional houve um retorno de R\$3,12.

O Gráfico 3, mostra a variação do preço do litro de leite no período de 1995 a 2005 e do volume de leite, em litros, necessários para 30 kg de cana. Na média dos 10 anos, foi necessário 0,89 litro de leite para pagar o custo de produção de 30 kg de cana, e os menores volumes foram verificados no período 1995 a 2000: 0,77 litro de leite. A partir do ano 2001, a quantidade ultrapassou a um litro de leite e esse aumento deveu-se principalmente à elevação relativa do preço dos fertilizantes, cujos valores percentuais ultrapassaram a 20%, alcançando, no caso da uréia, a média de 42%.

A tecnologia de produção e os resultados obtidos, no presente estudo, vêm sendo difundidos por meio de palestras técnicas, visitas *in loco* e assessoramento técnico. Visando diminuir os gastos com fertilizantes químicos e também reciclar nutrientes, tem-se recomendado aos pecuaristas e produtores, que utilizam esse sistema de produção de cana, a incluir a adubação verde, especialmente com *Crotalaria juncea*, antecedendo ao cultivo da cana, bem como a utilização de composto orgânico, constituído de esterco dos próprios bovinos e de outros resíduos orgânicos existentes na propriedade. Estas práticas agrícolas têm repercutido em aumento da eficiência dos adubos químicos e redução de custos com a fertilização.



Figura 2 - Vista do canavial, podendo-se observar o grande desenvolvimento da cana e o excelente controle de plantas daninhas

Mauro Wagner de Oliveira

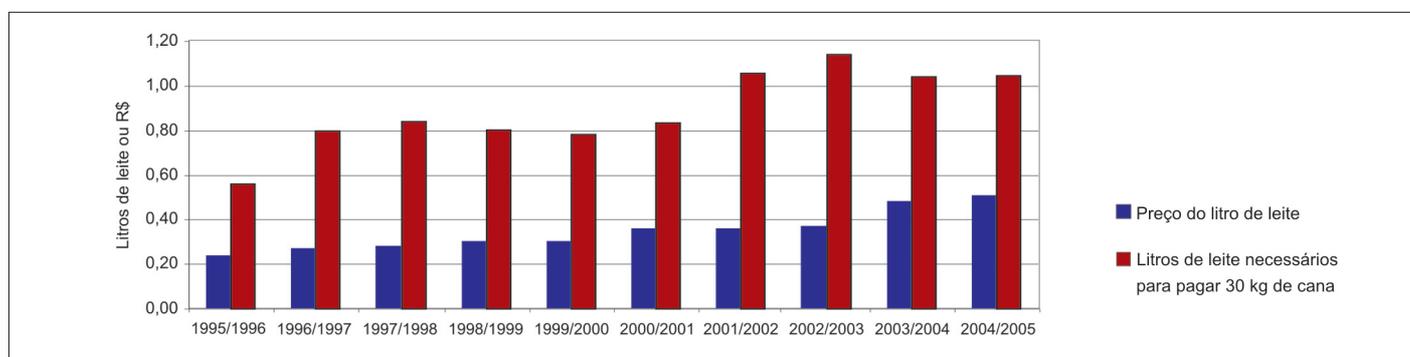


Gráfico 3 - Preço do litro de leite no período 1995-2005 e volume de leite necessário para pagar o custo de produção de 30 kg de cana

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. de. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C. GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.67-78.

\_\_\_\_\_; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H.

(Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.43-60.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.1, p.161-169, jan./mar. 2000.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA

NO BRASIL, 1.; REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p.47-79.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. QUAGGIO, J.A. Soil and plant analysis for lime and fertilizer recommendations in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.29, p.1691-1706, 1998.

CARCERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.13, n.5, p.16-20, 1995.

DEMATTÊ, J.L.I. Considerações a respeito da adubação nitrogenada e seu parcelamento em cana-planta. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.15, n.4, p.14, 1997.

\_\_\_\_\_. Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégia de manejo. In: SEMINÁRIO AGRO-INDUSTRIAL, 5.; Semana "Luiz de Queiroz", 29., 1986, Piracicaba. [Anais]... Piracicaba: ESALQ, 1986. Mimeografado.

DIAS, F.L.F.; MAZZA, J.A.; MATSUOKA, S.; PERECIN, D.; MAULE, R.F. Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região Noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.3, p.627-634, jul./set. 1999.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.2, p.143-150, maio/ago. 1986.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2000.

KORNDÖRFER, G.H.; RIBEIRO, A.C.; ANDRADE, L.A.B. Cana-de-açúcar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.285-288.

MAGALHÃES, J.V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays*, L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. 1996. 76p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.187-194, maio/ago. 1992.

OLIVEIRA, E.L. de. Rendimento de matéria seca e absorção de cálcio e magnésio pelo milho em função da relação cálcio/magnésio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.383-388, set./dez. 1993.

\_\_\_\_\_; PARRA, M.S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho em um latossolo vermelho-escuro álico, à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.1, p.65-70, jan./mar. 1997.

OLIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M.H.P.; MENDES, L.C., DAMASCENO, C.M. Nutrientes na palhada de dez cultivares de cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.21, n.3, p.6-7, 2002a.

\_\_\_\_\_; MARTINS, A.G.; SILVA, J.A.B. da; TRINDADE, R.C.P.; SILVA, E.T. da; MIRANDA, E.C. de. Doses de corretivo e alterações químicas em dois solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais... Energia e sustentabilidade**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_; MENDES, L.C.; BARBOSA, M.H.P.; VITTI, A.C.; FARIA, R.O. Avaliação do potencial produtivo de sete variedades de cana-de-açúcar sob irrigação complementar. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos... FertBio 2002: agricultura – bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado**. Rio de Janeiro: SBM; SBCS, 2002b. 1CD-ROM.

\_\_\_\_\_; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. Volatilização de amônia da uréia (<sup>15</sup>N) aplicada ao solo com ou sem cobertura da palhada em diferentes manejos na adubação da soqueira. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., 1999, Londrina. **Anais... Londrina: [s.n.]**, 1999a. v.1, p.96-99.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; MORTATTI, J. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.861-868, jun. 2002c.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENNATI, C.P.; PICCOLO, M. de C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2359-2362, dez. 1999b.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: USP-FEALQ, 1993. p.133-146.

\_\_\_\_\_. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1983. 368p.

PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Disponibilidade do manganês no solo: dificuldades e problemas na interpretação da análise para fins de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.3, p.285-289, set./dez. 1984.

PEREIRA, M.G.; PÉREZ, D.V.; VALLADARES, G.S.; SOUZA, J.M.P.F.; ANJOS, L.H.C. Comparação de métodos de extração de cobre, zinco, ferro e manganês em solos do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.3, p.655-660, jul./set. 2001.

RAIJ, B. van. Nova tabela de adubação e calagem para a cana-de-açúcar. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 2., 1997, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: ESALQ/IAC**, 1997. p.40-42.

\_\_\_\_\_; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar – V: balanço de K em quatro ciclos de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1323-1335, set. 1991.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. **Avaliação dos métodos da necessidade de calagem em solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1997. 14p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 27).

SUMNER, M.E.; PAVAN, M.A. Alleviating soil acidity through organic matter management. In: ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 2000, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: POTAFOS**, 2000. CD-ROM.