

## PLANEJAMENTO, ESTRATÉGIAS DE MANEJO E NUTRIÇÃO DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Godofredo Cesar Vitti<sup>1</sup>

Jairo Antonio Mazza<sup>1</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar ocupa no Brasil uma área de aproximadamente 5 milhões de hectares, com produção em torno de 340 milhões de toneladas de colmos na safra 2001/2002. Os principais produtos gerados são o açúcar – cerca de 300 milhões de sacas – e o álcool – cerca de 11 bilhões de litros/ano.

As principais regiões produtoras do país são a Centro-Sul, com área cultivada de 3 a 3,5 milhões de ha, sendo o Estado de São Paulo responsável por 2,5 milhões de ha, com produtividade média de 70 t/ha, e a região Nordeste, que cultiva cerca de 1 a 1,5 milhão de ha, com produtividade média de 55 t/ha.

O parque industrial compreende cerca de 370 unidades sucroalcooleiras, gerando US\$ 4,5 bilhões, com 1,4% do PIB, e emprego para cerca de 1,2 milhões de pessoas.

Essa cultura é responsável por cerca de 15% do total de fertilizantes consumidos na área agrícola do país.

### 2. PLANEJAMENTO

O planejamento das atividades envolvidas com a cultura da cana-de-açúcar, desde o plantio até sua colheita, é uma etapa extremamente importante na sua exploração econômica. O estudo deve objetivar a análise de todos os componentes de produção, assim como aqueles envolvidos com os custos de implantação. Esta análise deverá nortear a eleição de uma série de técnicas a serem adotadas, insumos, máquinas e implementos, serviços, variedades a serem escolhidas, distribuição destas nos tipos de solos a serem explorados, épocas de plantio, finalizando-se com a elaboração do próprio cronograma físico-financeiro.

Considerando-se a adubação e a nutrição da cana-de-açúcar dentro deste contexto, pode-se dizer que sua eficiência no incremento da produtividade será tanto maior quanto melhor for o ajuste dos fatores de produtividade. Assim, observando-se os dados contidos na Tabela 1 e na Figura 1, de DIAS et al. (1997), verifica-se que houve um desenvolvimento bastante distinto quando se considera o ano agrícola (precipitação, déficit hídrico), o solo e as variedades.

Tabela 1. Parâmetros climáticos e edáficos da Região Oeste Paulista. Cana-planta, safra 96/97 (DIAS et al., 1997).

Parâmetro	Município/Solo					
	Araçatuba/5	Valparaíso/1	Clementina/4	Estrela d'Oeste/3	Valparaíso/2	Araçatuba/6
Precipitação (mm)	1.274	1.698	1.428	1.279	1.746	1.268
Déficit hídrico (mm)	751	233	400	438	172	648
M.O. % (horizonte A)*	2	1,6	1,5	1,3	1,6	1,5
M.O. % (horizonte B)	0,9	1	1	0,7	1,1	0,8
SB mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (horizonte A)	66	26	22	16	18	29
SB mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (horizonte B)	29	25	26	12	8	4
V% (horizonte A)	80	54	50	36	39	71
V% (horizonte B)	60	54	64	36	21	17
P mg/dm <sup>3</sup> (horizonte A)	9	7	4	7	4	7
P mg/dm <sup>3</sup> (horizonte B)	6	3	2	3	2	4
K mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (horizonte A)	1,6	2,4	2	0,8	2,1	0,4
K mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (horizonte B)	0,6	2,5	1,7	0,4	1	0,3
Argila % (horizonte A)	8	7	10	13	8	12
Argila % (horizonte B)	18	16	15	15	13	13
<b>Produtividade média (t/ha)</b>	<b>171</b>	<b>144</b>	<b>111</b>	<b>108</b>	<b>96</b>	<b>85</b>

\* (A) Horizonte A = 0-25 cm; (B) Horizonte B = 25-150 cm.

<sup>1</sup> Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média; <sup>2</sup> Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico Distrófico textura arenosa/média; <sup>3</sup> Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico textura média; <sup>4</sup> Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média; <sup>5</sup> Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média; <sup>6</sup> Areias Quartzosas Álicas.

<sup>1</sup> Engº Agrº, Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP. Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba-SP. Telefone: (19) 3429-4171. E-mail: [gcvitti@carpa.ciagri.usp.br](mailto:gcvitti@carpa.ciagri.usp.br) e [jamazza@esalq.usp.br](mailto:jamazza@esalq.usp.br)

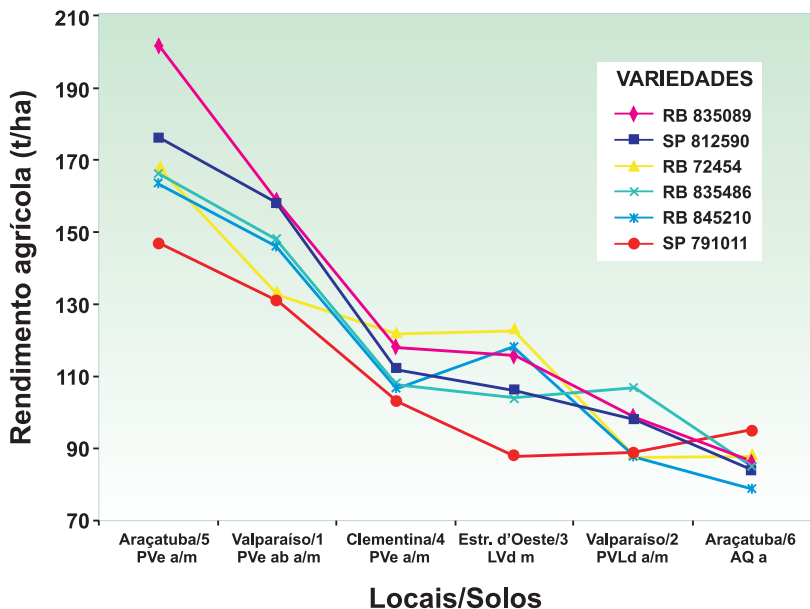


Figura 1. Produtividades da cana-planta obtidas em função da interação solos x variedades (safra 96/97).

Quando procede-se a comparação das produtividades obtidas no município de Araçatuba, locais 5 e 6, verifica-se que para precipitações e déficits hídricos muito semelhantes, porém com solos bastante distintos, obteve-se 171 t/ha no ARGISSOLO VERMELHO AMARELO eutrófico (Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico textura arenosa/média - PVe a/m), de perfil com características muito favoráveis (0 a 150 cm), e 85 t/ha para o NEOSSOLO QUARTZARÊNICO álico (Areias Quartzosas álicas - AQA), de baixo potencial em subsuperfície (25 a 150 cm). Cabe salientar que em ambos os solos o déficit hídrico estimado foi bastante elevado, ao redor de 700 mm, porém, apesar disto, a subsuperfície extremamente favorável do PVe a/m (V% e SB elevadas), conforme comentam os autores, garantiram produção excelente, a maior dentre os seis locais considerados.

Com relação ao comportamento das variedades, cabe comentar que no solo de maior potencial (PVe a/m) houve um grande diferencial de produção agrícola entre elas (50-55 t/ha). No entanto, considerando-se as características de maturação (precoce, média e tardia), todas apresentaram excelentes rendimentos. Já no solo de menor potencial (AQA) ocorreu redução dos valores e da amplitude de variação das produtividades (menor expressão dos potenciais genéticos), ocorrendo inclusive uma sensível modificação na performance das variedades.

Com relação ao município de Valparaíso, locais 1 e 2, em ambos ocorreu precipitação ao redor de 1.700 mm, conduzindo a um pequeno déficit hídrico (estimado pelo balanço hídrico) ao redor de 200 mm, porém, mais uma vez o perfil de solo sem limitação química até 150 cm conduziu à diferença média para as seis variedades em torno de 50 t/ha (144 t/ha x 96 t/ha). Verifica-se, ainda, que novamente o comportamento varietal é diferente nos locais considerados.

Comparando-se os locais 4 e 3, municípios de Clementina e Estrela d'Oeste, ambos com déficits estimados ao redor de 400 mm, nota-se que, apesar do eutrofismo do solo no município de Clementina e do distrofismo do solo de Estrela d'Oeste, a média de produtividade foi semelhante (111 t/ha e 108 t/ha). Apesar da significativa diferença entre os solos, além da ocorrência de déficit hídrico nos meses de Janeiro a Abril no município de Clementina, período de extremo desenvolvimento de matéria seca, provavelmente ou-

tros aspectos igualmente importantes, tais como controle de ervas daninhas, preparo do solo e qualidade de plantio poderiam estar explicando a semelhança das produtividades obtidas.

Cabe salientar ainda que a estimativa do déficit hídrico através dos métodos convencionais pode conduzir a erros consideráveis já que estes não consideram a dinâmica do movimento da água nos perfis de solos (regime hídrico dos solos). Assim, um solo que apresenta menor velocidade de drenagem pode proporcionar à cultura da cana-de-açúcar melhor aproveitamento das precipitações, assim como aumentar a eficiência de aproveitamento de alguns nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, altamente lixiviáveis através da drenagem.

Em relação ao local 5, nota-se que, apesar da estimativa de déficit hídrico ao redor de 750 mm, houve alta produtividade. O que deve explicar a obtenção das produtividades deste local (150 a 205 t/ha) é que através de um abundante desenvolvimento do sistema radicular, diferenciado em função das variedades, ocorreu grande aproveitamento da água (precipitação de 1.274 mm) e dos nutrientes em todo o perfil do solo. Assim, embora a estimativa indicasse grande déficit hídrico, em função das características do regime hídrico do solo, este déficit de fato não ocorreu.

### 3. PREPARO DO SOLO E SISTEMAS DE PLANTIO

O preparo do solo, no sentido amplo da expressão, deve ser compreendido como o conjunto de ações a serem adotadas objetivando-se a eliminação, ou pelo menos a minimização, de condições adversas à obtenção das máximas produtividades econômicas.

Assim, poderiam ser considerados como fatores limitantes as restrições físicas (compactação), químicas (baixos teores de nutrientes, excesso de alumínio) e biológicas (pragas de solo), ou ainda fatores externos do solo como infestação de ervas daninhas (perenes ou anuais), a própria soqueira a ser reformada ou outra cultura anterior.

Quando se procede a avaliação de cada um destes parâmetros citados, pode-se eleger o sistema de plantio mais adequado à área. Assim, uma área com limitações químicas, físicas ou biológicas pronunciadas dificilmente obterá produtividades economicamente viáveis sem a adoção do preparo convencional.

Ainda dentro deste contexto, quando se adota o preparo convencional, os tipos de operações, a época a ser realizada e sua seqüência também são de fundamental importância. Enquadrando-se como objetivo do preparo a redução dos níveis de ervas daninhas perenes, tais como grama seda e tiririca, dentre outras, esta é conseguida nas primeiras fases do preparo do solo (período seco) através de gradagens, ou ainda através do uso de herbicidas de ação sistêmica (em períodos mais úmidos). De forma concomitante, obtém-se a redução dos níveis de infestação de pragas de solo como *migdolus* e *cupins*.

Nesta ocasião procede-se também a eliminação de soqueiras e incorporam-se os "corretivos da fertilidade", tais como calcário, gesso e fosfato, encerrando-se a fase de preparo do solo com as operações de maior profundidade, tais como aração ou subsolagem. Após a aração, recomendada na profundidade de 35 a 40 cm, é aconselhável proceder o mínimo de gradagens, já que estas podem provocar novamente a compactação na área.

O controle da erosão através da implantação de um sistema conservacionista adequado ao solo (em nível ou em desnível), entendendo-se o plantio de cultura anual como intrínseco ao mesmo, confere significativa elevação do potencial produtivo à área, além de implicar em sensíveis reduções no assoreamento dos sulcos por ocasião do plantio, propiciando um melhor estande final à cultura.

Por outro lado, uma área sem limitações físicas, químicas ou biológicas poderá atingir boa produtividade de forma muito mais econômica, gerando, portanto, maiores lucros, através da adoção do plantio direto. Normalmente, em áreas de expansão, sem necessidade de sistematização do terreno, constituídas de solos eutróficos, sem problemas de pragas e/ou compactação, o plantio direto pode encontrar elevado potencial para adoção. Convém lembrar ainda que, neste caso, em função do elevado potencial conservacionista do plantio direto, torna-se possível o plantio da cana-de-açúcar em épocas de maior precipitação e/ou em solos de maior erodibilidade.

Por ocasião do plantio da cana-de-açúcar recomenda-se efetuar a sulcação com o solo em níveis de umidade adequados, de forma a não levantar torrões (solo seco) e nem vitrificar as paredes do sulco (solo molhado). A distribuição da muda, picação e cobertura devem ser feitas preferencialmente no mesmo dia da sulcação, o que garante melhores índices de germinação à cultura.

É necessário fiscalizar corretamente o número de gemas utilizado, devendo situar-se entre 12 e 16 gemas/metro (dependendo da variedade e/ou época de plantio). Lembre-se que a falta de gemas estabelece por 5 a 6 anos um canavial com falhas, enquanto o excesso onera demasiadamente o custo do plantio.

Adote os herbicidas pós-plantio, optando por produtos eficientes, de pré e pós-emergência inicial das ervas, concluindo a fase de controle das mesmas com catações químicas ou mecânicas dos escapes. Lembre-se que o controle do mato iniciou-se no preparo do solo e com a adoção de herbicidas eficientes na cultura anual ou de espera, e será tanto mais efetivo quanto melhor ajustados estiverem as variedades, os preparos e as adubações. Finalmente, não adote técnicas, produtos ou doses sem a comprovação de suas eficiências para a sua condição local.

## 4. ÉPOCAS DE PLANTIO, SOLOS E VARIEDADES

O setor sucroalcooleiro conta atualmente com variedades de cana-de-açúcar com elevado potencial de produtividade. Para a escolha das variedades a serem adotadas e da melhor época de implantação a interação solo x clima x variedade deve ser bem conhecida.

### 4.1. Épocas de plantio

#### Cana de ano e meio, cana de inverno ou cana de ano - Limitações e potenciais

A época de plantio ou estabelecimento dos canaviais e o período de desenvolvimento (cronologia) resultam em distintas designações, limitações e potenciais para a cultura da cana-de-açúcar.

A cultura canavieira pode ser estabelecida quando existe umidade (água disponível) no solo, advinda das chuvas ou irrigações, e as temperaturas médias mensais do solo não sejam baixas (menores que 20°C), pois neste caso a germinação poderá ser prejudicada pela elevada incidência do fungo que ocasiona a podridão “abacaxi”.

## 4.2. Cana de ano e meio

Conforme pode ser observado nos cronogramas 1 e 2A, a cana de ano e meio, estabelecida no período de Fevereiro a Maio, será colhida com o maior período cronológico de crescimento, pois, considerando-se o início da safra a partir de Abril do ano seguinte (diagrama 2A), o tempo de crescimento deverá variar entre 13 e 20 meses, o que justifica a designação “ano e meio”. Considerando-se um tempo mínimo de crescimento de 12 meses, poderão ser adotadas variedades precoces, médias ou tardias. Ainda em função do elevado tempo de crescimento, em média 15 a 18 meses, ajustam-se solos de fertilidade baixa, média ou alta, já que, mesmo nos solos de menor fertilidade, devido ao elevado tempo de crescimento, adotando-se as devidas correções e adubações, pode-se obter boas produtividades.

### Cronograma 1. Épocas de plantio e terminologia adotada.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CANA DE ANO E MEIO					CANA DE INVERNO			CANA DE ANO			

### Cronograma 2. Épocas de colheita x épocas de plantio x variedades (precocidade).

#### A. Cana de ano e meio

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PRECOCE					MÉDIA			TARDIA			

#### B. Cana de inverno

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PRECOCE					MÉDIA			TARDIA			

#### C. Cana de ano

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
									TARDIA		

## 4.3. Cana de inverno

Quanto à cana de inverno, estabelecida aproximadamente no período de final de Maio a Agosto/Setembro, cronograma 1 e 2B, e assim designada por desenvolver-se em período de ocorrência de menores temperaturas, poderá ser adotada com segurança quando houver disponibilidade de irrigação com água ou resíduos, podendo-se citar esta disponibilidade como sua maior limitação. Com relação às variedades, poderão ser adotadas precoces, médias e tardias. Devem ser ressaltados dois aspectos extremamente positivos na adoção do plantio de inverno: a grande viabilidade financeira e o elevado controle de erosão.

A primeira vantagem justifica-se pelo menor período de utilização da terra, 12 a 14 meses, em média, com produtividades elevadas, bastante próximas às produtividades obtidas com o plantio de cana de ano e meio. Lembre-se que tanto a cana de ano e meio como a cana de inverno, ao chegarem as chuvas, no período de Setembro a Novembro, estarão germinadas e perfilhadas e, portanto, prontas para um rápido desenvolvimento nos meses de maior temperatura e

precipitação, ou seja, Setembro/Octubro, do ano de plantio, a Maio/Junho, do ano da colheita.

A segunda e grande vantagem da cana de inverno é o elevado potencial no controle da erosão. Lembre-se que, do preparo do solo, maio/junho, à germinação, perfilhamento e fechamento do canavial, Outubro/Novembro, ocorre baixa incidência de chuvas erosivas. Deverá ser adotada preferencialmente em solos com gradiente textural elevado, com horizonte B textural (ARGILOSOS/ALISSOLOS/LUVISSOLOS – Podzólicos Vermelho-Amarelos), NEOSSOLOS (Litossolos) e CAMBISSOLOS independentemente da fertilidade, todos estes normalmente associados a relevo ondulado e fortemente ondulado. Entenda-se como vantagens comerciais do maior controle da erosão a menor necessidade de investimentos em terraceamentos e outras práticas mecânicas, a sensível redução do assoreamento dos sulcos, do assoreamento de terraços, resultando em melhor estande final e concomitantemente, como vantagens agronômicas, os altos níveis de controle da erosão no ambiente em que se insere a cana cultivada.

#### 4.4. Cana de ano

Finalmente, a cana de ano, estabelecida a partir de Setembro (cronograma 1), ao se iniciar o período de precipitações, na Região Centro-Sul, caracteriza-se por apresentar uma série de limitações, a saber: devem ser adotadas variedades de precocidade média a tardia ou precoces de rápido crescimento, porém para colheita em meados para final de safra.

Os solos a serem adotados deverão caracterizar-se por baixo potencial de erodibilidade, perfis mais uniformes, sem ou com baixo gradiente textural, relevo suavemente ondulado a plano, a exemplo dos Latossolos Argilosos Eutróficos, Terras Roxas Estruturadas Eutróficas, Podzólicos Vermelho-Escuros Eutróficos Argilosos (LATOSSOLOS, NITOSSOLOS e CHERNOSSOLOS), especialmente de elevada saturação por bases. Pelos cronogramas 1 e 2C pode-se verificar que o plantio somente inicia-se após Setembro, estendendo-se no máximo até Novembro, período este em que a área está sujeita a chuvas mais intensas e as fases de perfilhamento e enfolhamento ainda não ocorreram, o que poderá torná-la extremamente suscetível à erosão/assoreamentos, justificando-se, portanto, a necessidade de ajuste aos solos de maior teor de argila, maior grau de estruturação e menores declividades das áreas.

A exigência de solos de elevada fertilidade justifica-se, já que o período de formação dos colmos deverá iniciar-se a partir de Janeiro, sendo que para desenvolvimento destes cronologicamente haverá disponibilidade de água e temperaturas elevadas de Janeiro a Maio/Julho, portanto 5 a 6 meses, exigindo elevados teores de nutrientes no solo para que sejam alcançadas produtividades apenas razoáveis, raramente superiores a 90-100 t/ha. Saliente-se que a ocorrência de chuvas a partir de Agosto/Setembro pode resultar em ganhos significativos de produtividade para a colheita da cana de ano, se realizada no final de safra (Outubro a Dezembro).

### 5. FASES DA SAFRA, CULTIVO DE SOQUEIRAS, SOLOS E PLUVIOMETRIA

Procedendo-se a uma divisão da safra de cana-de-açúcar em três fases – inicial, intermediária e final – e enquadrando-se nestas fases, respectivamente, os meses de abril a meados de junho, meados de junho a final de agosto e setembro a dezembro, podem ser feitas algumas considerações gerais a respeito de seus potenciais e

limitações no que se refere aos tratos culturais, brotação das soqueiras e produtividade para a safra seguinte, interagindo-se os solos, as variedades e a pluviometria das regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

No período inicial de safra, Abril a Junho, em função do maior residual de umidade nos perfis de solos, a tríplice operação (subsolagem, adubação e cultivo) em áreas de colheita de cana queimada normalmente não apresenta problema e deve ser feita o mais próximo possível do término da colheita, e desta forma incrementar maior desenvolvimento inicial das soqueiras. Deve-se ressaltar ainda que neste período convém direcionar a colheita para solos de baixo potencial de brotação em períodos secos (solos mais argilosos e de baixo gradiente textural) e/ou variedades de brotação e desenvolvimento mais lentos.

A partir da fase caracterizada como intermediária, ou seja, final de Junho a Agosto/Setembro, em função da falta de chuvas, ocorrem os maiores problemas no que se refere às dificuldades de cultivo, com formação de torrões, indicação de estresse nas soqueiras pela subsolagem, cultivo e/ou pela adição dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, altamente salinos.

Neste período torna-se necessária muita atenção para o acompanhamento dos efeitos do cultivo na performance da brotação das soqueiras. Normalmente são mais adequados ao cultivo solos mais arenosos e/ou áreas com variedades de melhor capacidade de brotação, áreas com menores níveis de compactação (como, por exemplo, áreas de 1º e 2º corte, áreas colhidas manualmente) ou ainda áreas irrigáveis com água ou vinhaça. Sem dúvida, todos estes aspectos somente poderiam ser contemplados de forma adequada se previamente considerados durante a fase de planejamento das atividades que envolvem a lavoura canavieira.

Convém também considerar que a ocorrência de pequenas precipitações pode aumentar bastante a friabilidade de solos com textura arenosa a média, porém áreas argilosas, para tornarem-se friáveis, com conseqüente redução na formação de torrões, necessitam de altos volumes de precipitação, o que normalmente não ocorre neste período de meados de safra. Com freqüência, esgotando-se as opções já consideradas, torna-se preferível a paralisação da tríplice operação nestes meses de meados de safra, principalmente nos solos argilosos e/ou compactados, sob pena de prejudicar o estande, a eficiência dos herbicidas no controle das ervas daninhas e, conseqüentemente, a produtividade das lavouras.

IDE et al. (1986) avaliaram o efeito da tríplice operação na produtividade da cultura, implantada em solos argilosos (NITOSSOLO VERMELHO e LATOSSOLO VERMELHO, respectivamente Terra Roxa Estruturada e Latossolo Vermelho-Escuro) considerando-se soqueiras de meados de safra (Junho e Agosto), submetidas a três intervalos de tempo pós-corte para o procedimento da operação tríplice: 10, 25 e 45 dias. Os autores verificaram que as soqueiras de meados de safra puderam ser cultivadas após 45 dias do corte sem prejuízo da produtividade no ano seguinte, ressaltando-se que entre Agosto e Setembro ocorreram chuvas, permitindo a realização da tríplice operação com a devida qualidade requerida.

Com relação às soqueiras da fase intermediária da safra, cabe ressaltar que a falta de umidade no solo provoca sensível redução na velocidade de desenvolvimento do novo sistema radicular e, portanto, neste período o desenvolvimento fisiológico não ocorre de acordo com a cronologia. Ressalta-se, também, significativas diferenças na velocidade de brotação e do desenvolvimento do sistema radicular, bem mais acentuado nos solos com camada superficial arenosa quando comparados com os argilosos, em parte

pela menor resistência física dos primeiros. Assim, o procedimento do cultivo de soqueiras em solos arenosos, logo após a colheita em meados da safra, se justificaria pela melhor qualidade dos serviços e também pela maior velocidade de crescimento do sistema radicular nestes solos. Com relação ao atraso do cultivo nos solos argilosos, tornar-se-ia mais viável tanto pela melhor qualidade dos serviços, obtida posteriormente com umidade no solo, como pela menor velocidade de desenvolvimento do sistema radicular. Portanto, o atraso no cultivo dos solos argilosos com colheita em meados de safra pode ser bastante benéfico principalmente se ainda considerarmos a eficiência dos herbicidas no controle das ervas daninhas e seus reflexos na produtividade.

Com relação ao período de safra, Setembro a Dezembro, o qual caracteriza-se pelo retorno das precipitações, em média menos freqüentes e menos intensas em Setembro, passando a incrementar-se a partir de Outubro e com índices elevados nos meses de Novembro e Dezembro, sugere-se que logo em Setembro sejam procedidas as colheitas em áreas de maiores dificuldades operacionais, argilosas e/ou de declividades acentuadas. Isto se justifica devido ao fato da proximidade das elevadas precipitações (Outubro-Novembro), o que garantiria boas brotações de soqueiras nos solos argilosos, com menores dificuldades operacionais e menores índices de compactação. Para meados de Outubro a final de Novembro/início de Dezembro devem ser destinadas áreas de menores declividades e/ou com menores teores de argila.

No trabalho citado, realizado por IDE et al. (1986), os autores também observaram que as soqueiras de final de safra, colhidas em meados de Outubro, apresentaram maiores produtividades na safra seguinte quando cultivadas dentro de um período de 1 a 3 semanas pós-corte, e que a tríplice operação realizada com 45 dias prejudicou sensivelmente a produtividade obtida na safra seguinte.

Nestes casos, soqueiras de Outubro/Dezembro, a colheita com o solo úmido resulta em maior compactação do solo (em amplas variações texturais); no entanto, também em função do maior teor de umidade, o desenvolvimento do sistema radicular torna-se muito mais acelerado, exigindo maior agilidade no procedimento da tríplice operação sob pena de provocar danos no novo sistema radicular das soqueiras, o que justifica plenamente os resultados obtidos por IDE et al. (1986).

Esta proposta de manejo considerada, envolvendo certa complexidade na interação solos-variedades-épocas de safra, apresenta como objetivo fundamental a obtenção de boas brotações de soqueiras, com conseqüente minimização dos níveis de compactação provocados pela colheita da cana-de-açúcar.

Sabe-se que a compactação, por caracterizar-se na redução da macroporosidade do solo, reduz significativamente a quantidade de água disponível com a qual esta se relaciona.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados físicos e físico-hídricos obtidos em um LATOSSOLO VERMELHO distroférrico (Latosolo Roxo distrófico - LRd) em que a cultura da cana-de-açúcar apresentava-se com estresse hídrico 3 a 4 dias após a ocorrência de precipitações. Observa-se que, embora os valores de densidade modificaram-se apenas de 1,0 g/cm<sup>3</sup> para 1,17 g/cm<sup>3</sup> (17%), a macroporosidade do solo foi reduzida de 14% e 24% no solo sem compactação para 6% e 14% no solo compactado, respectivamente para as profundidades de 10 cm e 30 cm. Em termos de macroporosidade, pode-se dizer que a redução foi da ordem de 50%, o que determinou reduções muito semelhantes na água disponível, ou seja, quantidades de água ao redor de 340 a 400 l/m<sup>3</sup> (34 a 40 mm/10 cm de solo) no solo normal passaram para 165 a 256 l/m<sup>3</sup> (16,5 a 25,6 mm/10 cm de solo) no solo compactado.

Além da redução da água disponível, via redução da macroporosidade, a compactação aumenta a resistência do solo ao desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar apresentando, portanto, duplo efeito negativo na absorção de água e nutrientes. Assim, pode-se dizer que a compactação (concentrada na camada de 0 a 35-40 cm, a qual apresenta maior quantidade de nutrientes), pode interferir sensivelmente na eficiência de aproveitamento dos nutrientes fornecidos pelos corretivos e fertilizantes. Cabe salientar ainda que o nível de influência da compactação na produtividade apresenta elevada correlação com o ano agrícola (distribuição de chuvas), ou seja, em anos agrícolas com boa distribuição de chuvas ocorre redução da resistência oferecida pelo solo ao desenvolvimento do sistema radicular e fornecimento contínuo de água via precipitação, o que reduz o efeito negativo da compactação na produtividade (MAZZA et al., 2001).

Nos anos com distribuição irregular de chuvas aumenta a dependência da água disponível, retida a baixas tensões e relacionada à macroporosidade do solo. Além disso, o solo mais seco, quando compactado, apresenta-se mais resistente e, portanto, oferece maior resistência ao desenvolvimento do sistema radicular da cultura, imprimindo efeitos negativos na absorção de nutrientes e assim reduzindo as eficiências das fertilizações e correções químicas cujo efeito conjunto, compactação e redução na nutrição, resulta em menores produtividades (MAZZA et al., 2001).

## 6. NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

### 6.1. Considerações sobre a adubação

A adubação necessária pode ser definida pela seguinte expressão:

**Quantidade de nutrientes = (necessidade da planta - estoque do solo) x fator (f)**

Tabela 2. Alterações na macroporosidade e na água disponível provocadas pela compactação em Latossolo Vermelho distroférrico (LR).

Profundidade (cm)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Argila (%)	Porosidade (%)			CC <sup>1</sup>	PMP	AD
			Macro	Micro	Total			
----- Solo normal -----								
10	1,00	60	14	48	62	595	251	344
30	0,97	63	24	46	70	683	281	402
----- Solo compactado -----								
10	1,17	61	6	51	57	468	303	165
30	1,12	62	14	46	60	519	263	256

<sup>1</sup>CC = capacidade de campo (0,1 atm); PMP = ponto de murcha permanente (15 atm); AD = água disponível.

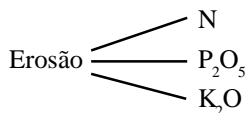
a) Necessidade da planta, quanto a:

- nutrientes a serem fornecidos;
- quantidades necessárias para um determinado nível de produtividade;
- época de aplicação e localização de nutrientes.

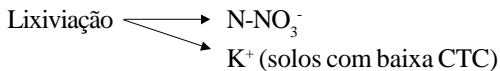
b) Avaliação do estoque de nutrientes disponíveis no solo.

c) Eficiência dos fertilizantes (**f**), ou seja, o fator de aproveitamento do fertilizante pelas raízes da planta (absorção). Esse fator visa corrigir as perdas sofridas nos processos que ocorrem entre a aplicação do fertilizante e a absorção dos nutrientes pelas plantas, perdas estas por erosão, lixiviação, volatilização, no caso da uréia quando aplicada em superfície, desnitrificação biológica do nitrato e “fixação”, no caso do fósforo.

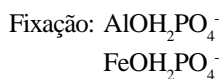
- **Erosão:** ocorre um arraste dos nutrientes pela água e pelo solo removido no processo erosivo, sendo as perdas quantitativamente equivalentes para os macronutrientes primários;



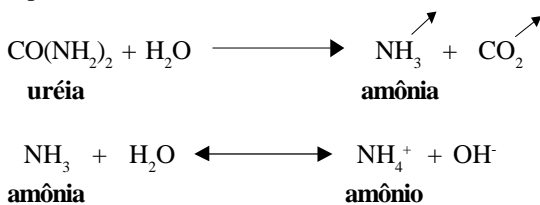
- **Lixiviação:** é a percolação (descida) dos elementos no perfil do solo seguindo para partes mais profundas, “fugindo” do sistema radicular.



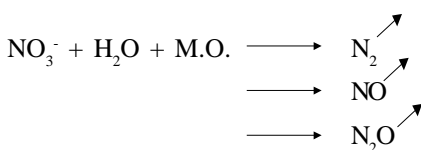
- **Fixação:** é a indisponibilização do nutriente, principalmente de fósforo, devido à sua interação com os colóides, tirando-o da solução do solo.



- **Volatilização:** é a perda química da amônia da uréia, principalmente quando se aplica uréia em superfície sobre a palhada de cana.



- **Desnitrificação biológica do  $\text{NO}_3^-$ :** nitrato de amônio sobre a palhada em condições de excesso de umidade.



- **Queima da palhada:** volatilização de N e de  $\text{SO}_2$ .



Em função dessas perdas é estimada a porcentagem média de aproveitamento dos macronutrientes.

Elemento	f
N = 50 a 60%	2,0
$\text{P}_2\text{O}_5 = 20$ a 30%	3,0 a 5,0
$\text{K}_2\text{O} = 70\%$	1,5

Observa-se, portanto, que na aplicação do N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$  são utilizados cerca de 2 vezes mais N, 3 a 5 vezes mais  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 1,5 vez mais  $\text{K}_2\text{O}$ .

## 6.2. Nutrição mineral da cana

Para quantificar o primeiro parâmetro da equação citada, quatro perguntas se fazem necessárias:

- O que aplicar?
- Quanto aplicar?
- Quando aplicar?
- Como aplicar?

### 6.2.1. O que aplicar?

O primeiro passo no planejamento da adubação da cana-de-açúcar é saber quais elementos são necessários à cultura, para o fornecimento via adubação. Tem-se, comprovadamente:

#### Macronutrientes:

Primários: N – P – K

Secundários: Ca – Mg – S

Com relação aos micronutrientes, não existe comprovação de resposta significativa da cana ao uso de micronutrientes, porém, a tendência é de resposta ao B, Cu, Mn e Zn, fato esse que já ocorre em algumas regiões específicas, como nos tabuleiros terciários do litoral do nordeste, com exceção do B, que apresenta o fenômeno do “sal cíclico”, isto é, oriundo de respingos da precipitação sobre a água do mar.

Uma das hipóteses da não resposta aos micronutrientes é provavelmente a sua ocorrência nos calcários, principalmente os de origem sedimentar (VITTI & MARTINS, 2001). Outro aspecto é a baixa produtividade agrícola, em relação ao potencial genético das variedades. Observa-se que para a cana-planta (Figura 1) algumas variedades, a nível experimental, obtiveram produtividades ao redor de 200 t.ha<sup>-1</sup>, bem como os teores de micronutrientes, principalmente de B e Zn, tem-se revelado abaixo dos adequados em amostras de folhas e de solos, nas regiões de Piracicaba e Araçatuba.

### 6.2.2. Quanto aplicar?

Definidos os nutrientes, deve-se saber quanto deles a planta extrai do solo, conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4.

Ao analisar essa tabela é importante observar que os dados de fósforo e potássio estão expressos em P e K, correspondentes, respectivamente, à extração total de 43 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e de 210 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  para 100 t de colmos, bem como observar que a cana requer quantidades relativamente maiores de enxofre (S) em relação a fósforo (P).

**Tabela 3. Extração e exportação de macronutrientes para a produção de 100 t de colmos (ORLANDO F.º, 1993).**

Partes da planta	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg.100 t <sup>-1</sup> -----						
Colmos	83	11	78	47	33	26
Folhas	60	8	96	40	16	18
Total	143	19	174	87	49	44

**Tabela 4. Extração e exportação de micronutrientes para a produção de 100 t de colmos (ORLANDO F.º, 1993).**

Partes da planta	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- g.100 t <sup>-1</sup> -----					
Colmos	149	234	1.393	1.052	369
Folhas	86	105	5.525	1.420	223
Colmos + folhas	235	339	7.318	2.470	592

### 6.2.3. Quando aplicar?

A época de aplicação é muito importante no aproveitamento do fertilizante, e portanto deve-se levar em consideração a fase da cultura (cana-planta ou cana-soca), o comportamento do elemento no solo, a “idade” do canavial e a distribuição da precipitação (ano agrícola).

Assim, o fertilizante é aplicado no sulco de plantio (baixas doses de N e altas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O), em cobertura antes do fechamento do canavial, principalmente o K<sub>2</sub>O quando a dose no plantio for maior que 100 kg.ha<sup>-1</sup>, e por ocasião da tríplice operação, no caso das soqueiras (altas doses de N e K<sub>2</sub>O e baixas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

### 6.2.4. Como aplicar?

Na cana-de-açúcar a aplicação dos fertilizantes se dá basicamente via solo:

- **Cana-planta:** Pré-plantio;  
Sulco de plantio;  
Cobertura com K<sub>2</sub>O (cana de ano e meio);  
Cobertura com N (eventualmente em cana-planta em cana de ano).
- **Cana-soca:** Tríplice operação, ou em cobertura, sem subsolagens, no cultivo da colheita da cana sem queima.

A seguir são apresentadas as práticas de adubação corretiva e de manutenção.

#### a) Cana-planta

- Pré-plantio: calagem, gessagem, fosfatagem
- Sulco de plantio: adubação mineral; N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; adubação orgânica (torta de filtro ou composto)
- Cobertura: restante da adubação potássica, antes do fechamento do canavial, quando a dose de plantio ultrapassa 100 kg K<sub>2</sub>O/ha.

b) Cana-soca: na tríplice operação N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O da cana colhida queimada (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em função do teor no solo).

## 6.3. Avaliação do estoque de nutrientes no solo

As três técnicas normalmente utilizadas na avaliação da fertilidade de um solo são diagnose visual, diagnose foliar e análise química do solo.

### 6.3.1. Diagnose visual

É feita uma avaliação visual do estado geral da cultura, observando a possibilidade de identificação de sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes, principalmente nas folhas.

No caso de sintomas de deficiência de **nitrogênio** ocorre amarelecimento generalizado das plantas, menor perfilhamento e colmos mais finos. No caso da deficiência de **fósforo** ocorre redução e atraso no desenvolvimento, principalmente das raízes secundárias, ocorrendo, portanto, menor absorção de água e de nutrientes (Foto 1).

A deficiência de **cálcio** ocorre com maior frequência em áreas onde é aplicado excesso de vinhaça, principalmente em solos com baixa CTC, ocorrendo branqueamento e enrolamento das folhas mais novas, com necrose escurecida no ápice dessas folhas (Foto 2).



**Foto 1. Deficiência de fósforo em cana-planta (VITTI & ROLIM, 1997).**



Foto 2. Deficiência de cálcio em cana soca (VITTI & MARTINS, 2001).

### 6.3.2. Diagnose foliar

A amostragem de folhas visando avaliar a fertilidade do solo pela técnica da diagnose foliar deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- Uniformidade da área quanto ao tipo de solo, variedade, idade e tratos culturais;
- Tipo de folha: coletar a folha mais alta, ou seja, a primeira folha com “colarinho” visível (folha TVD) (Foto 3);



Foto 3. Tipo de folha a ser colhida: folha + 3 (corresponde à 3ª folha a partir do ápice onde a bainha é totalmente visível) (TRANI, et al., 1983).

c) Parte da folha: utilizar os 20 cm centrais, desprezando-se a nervura central;

d) Época: coletar a folha na fase de maior desenvolvimento vegetativo.

- Cana-planta = 6 meses após a germinação;
- Cana-soca = 4 meses após o corte.

e) Interpretação: as faixas de teores adequados de nutrientes estão apresentadas na Tabela 5.

### 6.3.3. Análise química do solo

O sucesso da análise química do solo é função principalmente de uma amostragem correta do solo. Assim, deve-se atentar para os seguintes aspectos:

#### a) Época

- Cana planta: proceder a amostragem do solo cerca de três meses antes do plantio;
- Cana soca: amostragem do solo logo após o corte.

#### b) Local

- Cana planta: percorrer a área uniforme a ser plantada em “zig-zag”, retirando cerca de 15 sub-amostras de solo nas profundidades de 0-20 e 21-40 cm;
- Cana soca: retirar as amostras de solo a cerca de um palmo (20 a 25 cm) da linha. Amostras retiradas na linha irão superestimar os teores de P e K, enquanto amostras retiradas na entrelinha irão superestimar os teores de Ca e Mg, e portanto os valores de SB e V%, e subestimar os teores de P e K.

Em função dos teores de nutrientes e do potencial de produtividade de área de solo serão adotadas as práticas de correção e de adubação.

## 7. MANEJO QUÍMICO DO SOLO

As práticas sequenciais de manejo químico do solo na cultura da cana-de-açúcar são:

- 7.1. Calagem
- 7.2. Gessagem
- 7.3. Fosfatagem
- 7.4. Adubação verde
- 7.5. Adubação orgânica
- 7.6. Adubação mineral

Tabela 5. Faixas de teores adequados de nutrientes na cana-de-açúcar (RAIJ & CANTARELLA, 1996).

N	P	K	Ca	Mg	S
----- g/kg -----					
18-25	1,5-3,0	10-16	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- mg/kg -----					
10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50



As práticas de 7.1. a 7.5. são utilizadas principalmente sob o ponto de vista corretivo, normalmente implicando incremento da eficiência da adubação mineral (7.6.), isto é, diminuição do valor **f**.

## 7.1. Calagem

### 7.1.1. Introdução

O maior desenvolvimento do sistema radicular de uma planta irá se refletir inicialmente em maior resistência à seca, maior absorção de nutrientes e conseqüentemente maior produtividade, conforme amplamente discutido anteriormente. Assim, a redução de fatores que influenciam negativamente no desenvolvimento do sistema radicular é de fundamental importância para o sucesso de um sistema agrícola, principalmente em países tropicais.

KOFFLER (1986) comparou a profundidade do sistema radicular de diversas culturas no Brasil e em outros países, conforme pode ser observado na Tabela 6.

**Tabela 6. Profundidade do sistema radicular de milho, feijão e cana-de-açúcar no Brasil e em outros países (KOFFLER, 1986).**

Local	Cultura	Profundidade do sistema radicular (cm)
Brasil	Milho	20
	Feijão	20
	Cana-de-açúcar	60
Outros países	Feijão	60
	Milho	140
	Cana-de-açúcar	160

Verifica-se que enquanto no Brasil o sistema radicular de milho, feijão e cana apresentam profundidades médias de 20, 20 e 60 cm, respectivamente, em outros países as profundidades atingidas para as mesmas culturas são 3 a 8 vezes maiores.

As maiores profundidades exploradas pelos sistemas radiculares dessas culturas, principalmente em regiões com freqüentes deficiências minerais, são responsáveis por maiores produtividades alcançadas. Portanto, deve constituir objetivo, no manejo das culturas, o maior aprofundamento do sistema radicular, com o intuito de promover maior resistência à seca, e no caso da cana, maior longevidade da cultura (MAZZA et al., 1994).

### 7.1.2. Benefícios da calagem

A calagem desempenha papel fundamental no desenvolvimento das culturas, desencadeando diversas reações no solo de caráter benéfico às plantas, como:

#### a) Fornece cálcio e magnésio

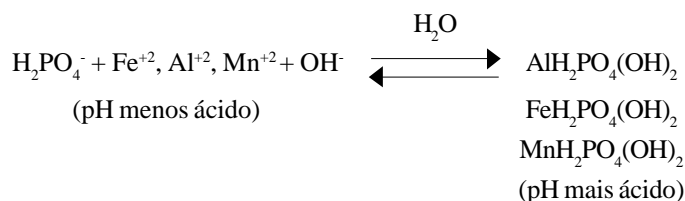
O Ca é um elemento fundamental no desenvolvimento do sistema radicular, portanto, com a calagem é possível aumentar a quantidade de solo explorado, melhorando a nutrição geral das plantas e diminuindo os efeitos de secas prolongadas e veranicos.

#### b) Aumenta a disponibilidade de nutrientes, principalmente de $H_2PO_4^-$

A fixação do fósforo é um grande fator de “perda” desse elemento, que pode ocorrer de duas formas no solo: precipitação em solução e adsorção específica.

#### b1) Precipitação do P em solução

O fósforo que se encontra na solução do solo sofre precipitação com Al, Fe e Mn, que se encontram livres no solo devido ao baixo pH. Quando corrigido o pH, esses elementos se precipitam e o fósforo não sofre precipitação e fica na forma disponível.



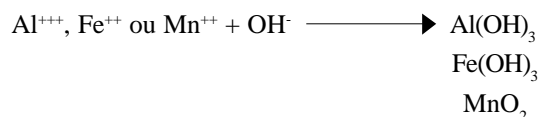
#### b2) Adsorção específica

O fósforo sofre adsorção específica na superfície dos óxidos de ferro e alumínio, principalmente em solos mais intemperizados e em condições de maior acidez.



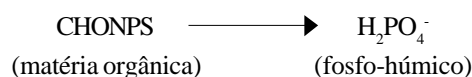
onde M = Fe ou Al.

#### c) Insolubiliza os elementos $Al^{3+}$ , $Fe^{2+}$ e $Mn^{2+}$



#### d) Aumenta a mineralização da palhada da cana

Com a mineralização da palhada, o fósforo presente nela torna-se disponível para as plantas. O fósforo liberado pela matéria orgânica, o fosfo-húmico, é assimilável pela raiz e fracamente retido pelo solo.



#### e) Aumenta a fixação biológica do $N_2$ no ar

Na rizosfera da cana-de-açúcar existem bactérias de vida livre, principalmente do gênero *Beijerinckia*, as quais promovem a fixação assimbiótica ou livre do nitrogênio, sendo que essa fixação tem maior atividade em ambientes com pH por volta de 5,5 a 6,0, promovendo altas quantidades de nitrogênio disponíveis para a cana-planta, sendo que a potencialização dessa fixação pode ser realizada com o aumento do pH. Esta é uma das razões pela qual no plantio da cana se empregam baixas doses de N.

Salienta-se que essa fixação somente ocorre em cana-planta pela utilização das mudas (os toletes fornecem energia), a qual tem alta quantidade de açúcar (energia) disponível às bactérias, aliada ao fato de baixa relação C/N, menor quantidade de raiz em relação à cana-soca, que apresenta C/N elevada, e ausência da fonte de energia (açúcar) propiciada pela muda (Foto 4).

#### f) Melhora a agregação do solo

O cálcio é um agente floculante, tendo um efeito de agregação do solo, diminuindo seu potencial de compactação, seja pelo seu efeito direto, ou indireto pelo aumento do sistema radicular e da matéria orgânica (maior desenvolvimento do vegetal).

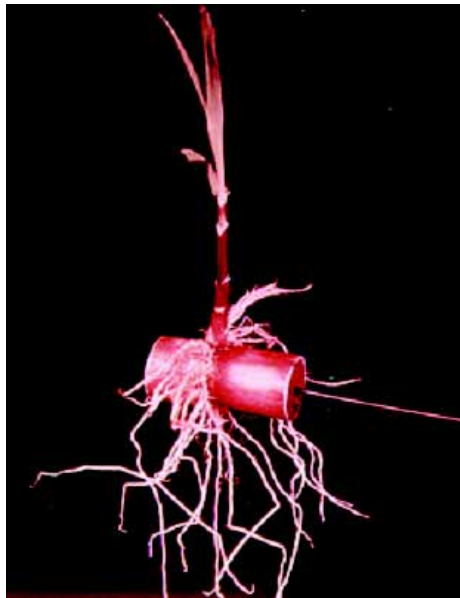


Foto 4. Germinação do tolete de cana-de-açúcar em condições propícias à fixação biológica do N<sub>2</sub> do ar.

### 7.1.3. Cálculo da necessidade de calagem

Os critérios para o cálculo da necessidade da calagem mais utilizados na cultura da cana-de-açúcar são:

a) COPERSUCAR (BENEDINI, 1988 e PENATTI & FORTI, 1993)

a1) Solos com  $CTC \leq 5,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$

$$NC = \frac{[3 - (Ca + Mg)]}{PRNT} \times 100$$

onde:  $Ca + Mg = \text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ,

PRNT = poder relativo de neutralização do calcário.

a2) Solos com  $CTC \geq 5,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC}{PRNT}$$

onde:

$V_2 = 60\%$  e  $V_1 =$  saturação por bases atual do solo

$CTC = \text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  ( $\text{pH} = 7,0$ )

b) MARTINS & CERQUEIRA LUZ (Usina São João de Araras - Comunicação pessoal)

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC^{(1)} + \frac{1}{2}(V_2 - V_1) CTC^{(2)}}{PRNT}$$

<sup>(1)</sup>  $CTC = 0$  a  $20 \text{ cm}$  ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ )

<sup>(2)</sup>  $CTC = 20$  a  $40 \text{ cm}$  ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ )

onde: NC = t/ha de calcário na camada de 0-40 cm.

c) VITTI & MAZZA (1998)

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC^{(1)} + (V_2 - V_1) CTC^{(2)}}{PRNT}$$

<sup>(1)</sup>  $CTC = 0$  a  $20 \text{ cm}$  ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ )

<sup>(2)</sup>  $CTC = 20$  a  $40 \text{ cm}$  ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ )

onde: NC = t/ha de calcário na camada de 0-40 cm.

Para o sucesso dessa prática recomenda-se incorporar o calcário o mais profundo possível, até 40 cm, na implantação do canavial. Atentar para aplicação uniforme, antecedência na aplicação, bem como tipo e qualidade do calcário. Quanto a este último item, considerar um teor mínimo de Mg no solo de  $5,0 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  ou  $0,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ , bem como considerar uma relação Ca/Mg na faixa de 3,0 a 5,0/1,0.

d) Cana-soca (VITTI & MAZZA, 1998)

No caso da cana-soca, utilizar o critério de saturação por bases ( $V = 60\%$ ) em amostras retiradas na profundidade de 0 a 20 cm, utilizando-se uma dose máxima de 3,0 t/ha de calcário através da seguinte equação:

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC}{PRNT}$$

onde a CTC está expressa em  $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Resultados da utilização de calcário em cana-de-açúcar (PENATTI & FORTI, 1993) mostraram, em quatro cortes, que houve incremento na produtividade, conforme Tabela 7.

O efeito da calagem na produtividade da cana-planta e na 1ª e 2ª socas, em Argissolos (PV), pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8. Efeito da calagem nas produtividades da cana-planta e da 1ª e 2ª socas (PENATTI & FORTI, 1993).

Calcário	Cana-planta	1ª soca	2ª soca
	t/ha		
0	113	90	92
3	135	118	118
8	140	119	123

Tabela 7. Incremento na produtividade de cana, em quatro cortes, pelo uso de calcário (PENATTI & FORTI, 1993).

Solo	Usina	Incremento (t/ha)	Variedade
Latossolo Vermelho-Amarelo textura média álico	Catanduva	107	SP 70-1143
Latossolo Vermelho-Amarelo textura média	São Manoel	40	SP 70-1143
Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa álico	São José	69	SP 71-6163

## 7.2. Gessagem

A aplicação do gesso agrícola é feita concomitantemente ou logo após a aplicação do calcário e seus efeitos se manifestam principalmente em Latossolos e Areias Quartzosas. Normalmente é utilizado quando não se adota o preparo profundo, ou então para manutenção da fertilidade em soqueiras. Sua recomendação se baseia em amostras retiradas a maiores profundidades (20-40 cm) quando a saturação por bases (V) for inferior a 30%, conforme a seguinte equação:

$$SB = \frac{(50 - V) \text{ CTC}}{100}$$

onde:

SB = quantidade de bases a ser adicionada ao solo para atingir V = 50%, na camada de 20-40 cm, em  $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$

50 = saturação por bases desejada

V = saturação por bases atual do solo (%)

CTC = capacidade de troca catiônica a 20-40 cm, em  $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ .

A Tabela 9 apresenta os dados obtidos através dessa equação para várias condições de solo, considerando que a utilização de  $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  de gesso eleva o teor de Ca do solo em  $5,0 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ .

**Tabela 9. Quantidade aproximada de gesso a ser aplicada de acordo com a CTC e V% do subsolo (DEMATTÊ, 1986).**

CTC ( $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ )	V%	Gesso (t/ha)
> 30	< 10	2,0
	10-20	1,5
	20-35	1,0
30-60	< 10	3,0
	10-20	2,0
	20-35	1,5
60-100	< 10	3,5
	10-20	3,0
	20-35	2,5

Resultados positivos da aplicação de gesso agrícola podem ser observados em inúmeros trabalhos de pesquisa, conforme apresentados a seguir.

Em solo arenoso distrófico de Ribeirão Preto-SP, a aplicação de gesso ( $1,0 \text{ t/ha}$ ) em soqueiras de cana aumentou a produtividade em  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (média de 3 cortes), bem como o valor da saturação por bases (V%) em profundidade (DEMATTÊ, 1986), conforme pode ser observado na Tabela 10.

MORELLI et al. (1987) estudaram a aplicação de doses de calcário e gesso no plantio de cana (SP 70-1143), em solos de baixa fertilidade na Usina Barra Grande, Lençóis Paulista-SP, classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com teor de argila entre 15 e 20% ( $\text{CTC} = 30 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ). A produtividade média de cana-de-açúcar do 1º ao 4º corte está apresentada na Tabela 11.

Analisando os dados dessa Tabela observa-se que as maiores produções sempre foram obtidas nos tratamentos com  $4,0 \text{ t/ha}$  de calcário e  $2,0 \text{ t/ha}$  de gesso. Amostragens de raízes em trincheiras aos 27 meses após a aplicação dos tratamentos indicaram maior desenvolvimento do sistema radicular a maiores profundidades, quando do uso do gesso, conforme pode ser observado na Figura 4.

## 7.3. Fosfatagem

A fosfatagem é uma prática que tem revelado efeitos espetaculares na produtividade. Essa prática deve ser adotada em solos arenosos (teor de argila < 25%), que apresentam menor fixação de P, e com teores baixos deste nutriente ( $P \text{ resina} < 10 \text{ mg/dm}^3$ ), utilizando a mesma área total, após o preparo profundo do solo, antes da gradagem de nivelamento. Utilizar como fonte de  $\text{P}_2\text{O}_5$  o superfosfato simples ou produtos equivalentes, como fosfatos reativos, superfosfato triplo, termofosfatos ou multifosfato magnésiano, nas dosagens de 100 a 150 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ .

Na Tabela 12 está apresentada a composição de fontes de  $\text{P}_2\text{O}_5$  mais comumente utilizadas na prática da fosfatagem.

Em relação às fontes citadas, é importante salientar o seguinte: os Hiperfosfatos e o Superfosfato Triplo devem ser utilizados de preferência quando se pratica a gessagem ou quando se utilizam resíduos orgânicos devido à alta necessidade de enxofre pela cultura da cana-de-açúcar.

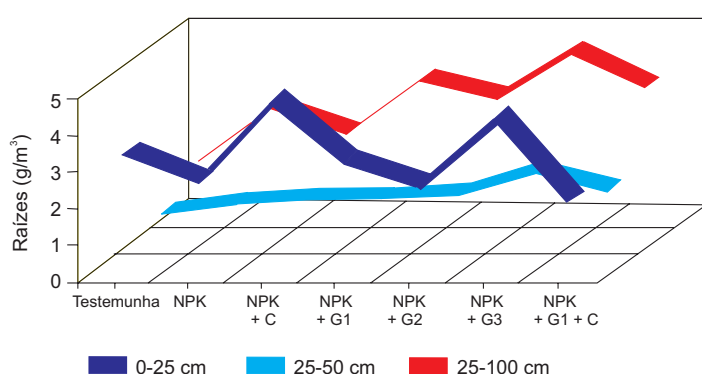
**Tabela 10. Ação do gesso na saturação por bases do solo e na produtividade de soqueiras de cana, cv. SP 70-1143, em solo arenoso distrófico. Destilaria Galo-Bravo, Ribeirão Preto, SP (DEMATTÊ, 1986).**

Tratamentos	Profundidade (cm)	V* (%)	2º corte	3º corte	4º corte	Média
			09/84	09/85	07/86	
----- Produtividade (t/ha) -----						
NK	0-20	60	97	106	59	87
	20-40	25				
	40-60	15				
NK + 0,5 t/ha	0-20	60	99	114	60	91
	20-40	58				
	40-60	18				
NK + 1,0 t/ha	0-20	60	96	113	65	97
	20-40	48				
	40-60	25				
NK + 2,0 t/ha	0-20	64	105	125	71	101
	20-40	45				
	40-60	23				

\* Análises feitas três anos após instalações.

**Tabela 11. Produtividade média de cana-de-açúcar (t/ha), do 1º ao 4º corte, com o uso de calcário e gesso agrícola (MORELLI et al., 1992).**

Doses de calcário t/ha	Doses de gesso (t/ha)		
	0	2	4
	<b>1º corte</b>		
0	121	125	128
4	130	138	133
	<b>2º corte</b>		
0	98	103	109
4	110	119	118
	<b>3º corte</b>		
0	88	93	96
4	97	109	102
	<b>4º corte</b>		
0	88	100	110
4	113	125	116



**Figura 4. Distribuição de raízes no solo 27 meses após a aplicação dos tratamentos (MORELLI et al., 1992).**

As principais conseqüências da fosfatagem são:

- Maiores volumes de P em contato com o solo (> fixação);
- Maior volume de solo explorado pelas raízes;
- Maior absorção de água e de nutrientes;
- Melhor convivência com pragas do solo.

Resultados da aplicação de doses e localização de P na cana podem ser observados na Tabela 13 (MORELLI et al., 1991).

Analisando-se esses resultados observa-se aumento de cerca de 60 t/ha de colmos (cana-planta e 1ª soca) pela aplicação parcelada de 300 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (100 no sulco e 200 em área total) em relação à aplicação de 300 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha somente no sulco.

**Tabela 12. Principais fontes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendadas na prática da fosfatagem.**

Fertilizantes	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				Ca	Mg	S
	Total	HCl	CNA + H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O			
	----- % -----						
Superfosfato Simples	19-21	18	18	16	19	-	12
Hiperfosfato Arad	33	10,5	-	-	37	-	1
Hiperfosfato Gafsa	29	10-12	-	-	34	-	-
Hiperfosfato Daoui	32	10	-	-	36	-	-
Superfosfato Triplo	42-48	44	42	39	13	-	-
Termofosfato Mg (25% SiO <sub>2</sub> )	18	16,5	-	-	20	7 a 9	-
Multifosfato Magnésiano	18-24	-	18-24	-	13-14	3 a 4	8-10

## 7.4. Adubação verde/rotação de culturas

Em áreas de reforma do canavial pode-se optar pelo plantio de leguminosas, principalmente de *Crotalaria juncea*, soja e amendoim, sendo a escolha função da localização da cultura, declividade da área, pragas de solo, etc.

A *Crotalaria juncea*, como adubo verde, apresenta as seguintes vantagens:

- Controla a erosão;
- Diminui o assoreamento dos sulcos de plantio, facilitando a germinação;
- Recicla nutrientes percolados;
- Dispensa a adubação nitrogenada de plantio;
- Diminui a incidência de ervas daninhas;
- Aumenta a produtividade.

A época ideal de plantio da mesma é do início das chuvas até a primeira quinzena de Dezembro, sendo semeada geralmente a lanço (30 kg de sementes/ha, equivalente a 60 sementes/m<sup>2</sup>) ou ainda em linha (25 kg/ha), num espaçamento de 0,50 m, com densidade de plantio de 25 a 30 sementes/metro linear.

No florescimento da *Crotalaria juncea* é procedida a sua roçada, picação ou acamamento, vindo a seguir a sulcação para o plantio da cana, não se recomendando sua incorporação, em função dos aspectos conservacionistas.

A Tabela 14 apresenta a extração de nutrientes por diversas leguminosas, enquanto a Figura 6 apresenta a produção comparativa de matéria verde e seca entre as espécies testadas como adubo verde. Na Tabela 15 está apresentada a produtividade agrícola de três cortes obtidos em toneladas de colmos (TCH) e de pol (TPH).

Analisando os dados dessa tabela observa-se que o tratamento com *Crotalaria juncea* apresentou ganho de produção significativo de 15 t/ha de colmos e 30 t/ha de pol.

Quanto ao plantio da soja, deve-se escolher variedades precoces a médias, utilizando-se de terrenos mecanizáveis do ponto de vista da colheita. As vantagens da utilização dessa leguminosa em rotação com a cana são:

- Absorve os custos de preparo do solo, entendendo-se como tal: operações mecanizadas (arações, gradagens, terraceamento, distribuição do calcário, distribuição de adubos em área total);
- Absorve os custos de calcário e adubo em área total;
- Reduz a pressão da sementeira de ervas daninhas através do controle de folhas estreitas pelo uso da trifluralina;

Tabela 13. Produções de colmos de cana-de-açúcar obtidas com a utilização de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em área total e no sulco, em solos arenosos (MORELLI et al., 1991).

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicado a lanço kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicado dentro do sulco (kg/ha) <sup>1</sup>			
	0	100	200	300
----- t/ha -----				
----- Cana-planta -----				
0	69	101	104	<b>128</b>
200	148	<b>169</b>	172	171
400	158	169	173	173
----- 1ª soca -----				
0	45	64	73	<b>77</b>
200	92	<b>97</b>	100	101
400	105	106	109	112

<sup>1</sup> Fonte de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Yoorin BZ (termofosfato), 16,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100, 20% de Ca e 9% de Mg.

Tabela 14. Extração de macronutrientes por leguminosas (CACERES & ALCARDE, 1995).

Leguminosa	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg/ha -----						
<i>Crotalaria juncea</i>	235,0	18,5	101,5	53,3	29,1	16,3
<i>Crotalaria spectabilis</i>	113,4	8,8	94,5	63,0	15,5	7,6
Guandu	141,9	10,5	62,2	25,3	10,5	8,8
Mucuna anã	81,0	6,3	36,6	18,6	7,5	4,2
Mucuna preta	105,3	6,6	41,0	27,3	9,0	5,5
Lablabe	94,5	8,8	48,7	22,8	9,1	8,1
Feijão-de-porco	190,0	10,0	67,5	50,5	18,0	10,5

- Produz benefícios diretos (uso de leguminosas): fixação biológica de nitrogênio, incorporação de matéria orgânica e conservação do solo, resultando na redução do uso de nitrogênio fertilizante em cana-planta.

Assim, como no caso da soja, o amendoim é cultura interessante na rotação com a cana por apresentar baixa exigência em fertilidade do solo, dependendo principalmente do fornecimento de P, Ca e S, os quais podem ser fornecidos através do superfosfato simples, bem como de Ca e S na forma de gesso agrícola, no florescimento, na dose de 1,0 t/ha, além de plantio em áreas com nematóides. No entanto, não apresenta vantagens no aspecto

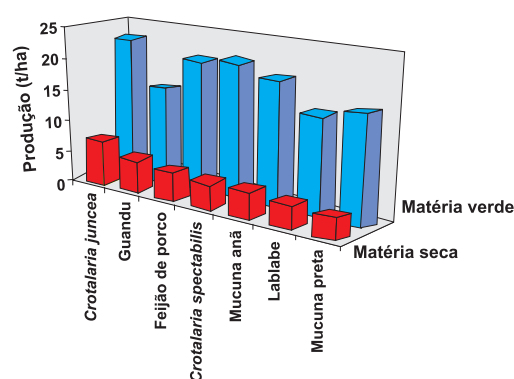


Figura 6. Produção comparativa de matéria verde e seca entre as espécies testadas como adubos verdes (CACERES & ALCARDE, 1995).

conservacionista da área, sendo recomendado em locais planos a suavemente ondulados, com baixo potencial de erosão.

### 7.5. Adubação orgânica

Os dois principais resíduos orgânicos da cana-de-açúcar são a torta de filtro e a vinhaça.

A torta, mais rica em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e CaO, é empregada principalmente em cana-planta, nas dosagens de 30 t/ha (sulco) e 60 t/ha (área total), substituindo parcial ou totalmente a adubação fosfatada, dependendo da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendada.

Tabela 15. Produtividade agrícola de três cortes, em toneladas de colmos por hectare (TCH) e toneladas de pol por hectare (TPH) (CACERES & ALCARDE, 1995).

Tratamento	1º Corte		2º Corte		3º Corte	
	TCH	TPH	TCH	TPH	TCH	TPH
Pousio	118,5 b	16,73 d	84,2 b	12,55 b	64,4 ab	11,16 a
<i>Crotalaria juncea</i>	133,1 a	19,71 a	90,4 ab	13,69 ab	62,7 ab	10,50 a
<i>Crotalaria spectabilis</i>	133,9 a	19,19 ab	92,3 a	14,31 a	66,2 a	11,09 a
Guandu	126,6 ab	17,74 bcd	85,4 ab	13,28 ab	61,2 ab	10,50 a
Mucuna Preta	119,7 b	17,22 cd	88,1 ab	13,50 ab	59,6 ab	10,08 a
Mucuna anã	126,0 ab	18,39 abc	87,8 ab	13,38 ab	58,4 b	9,92 a
Lablabe	126,7 ab	18,72 ab	85,7 ab	13,32 ab	60,0 ab	10,05 a
Feijão-de-porco	126,2 ab	17,84 bcd	84,5 ab	13,03 ab	60,1 ab	10,22 a
Dms Duncan 5%	9,49**	1,46**	7,82 ns	1,47 ns	7,41 ns	1,34 ns

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

A vinhaça é empregada principalmente em cana-soca, fornecendo todo o  $K_2O$  e parte do N, sendo este último complementado por adubos fluidos (aquamônia, uran, sulfuran) ou adubos sólidos (uréia, nitrato de amônio ou sulfato de amônio).

Além da torta e da vinhaça, há também a possibilidade da elaboração de compostagem, como:

- Torta de filtro + cinzas de caldeira;
- Palhada da colheita da cana crua + torta de filtro.

A grande vantagem do composto de torta de filtro com cinzas de caldeira é a redução de umidade da mistura, possibilitando a aplicação de doses mais uniformes do composto.

Há também a possibilidade da utilização de resíduos de indústrias alimentícias, como o Agifer ou Orifer, os quais podem ser utilizados como fonte exclusiva de nitrogênio em cana-soca, aplicando-os isoladamente ou misturados ao cloreto de potássio.

Quando do uso do composto de torta de filtro com cinzas de caldeira, proceder análise do mesmo em termos de matéria úmida, e considerar eficiência de 50% como fonte de N e  $P_2O_5$  e de 70% para  $K_2O$  no primeiro ano de aplicação, a fim de se determinar a dose complementar de adubação mineral.

## 7.6. Adubação mineral N- $P_2O_5$ - $K_2O$

### 7.6.1. Adubação de plantio

A adubação no sulco de plantio é realizada em função dos teores de P e K da análise de solo (Tabela 16), enquanto a de N pelo histórico da área. Recomenda-se aplicar em média cerca de 40 kg de N/ha. Quando houver cultivo de leguminosas, a adubação com N é dispensada.

**Tabela 16. Adubação mineral de plantio com base na análise de solo visando altas produtividades.**

N kg/ha	P-resina mg/dm <sup>3</sup>	$P_2O_5$ kg/ha	K mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	$K_2O^{(2)}$ kg/ha
40	0-6 <sup>(1)</sup>	170	< 0,7	170
40	7-15 <sup>(2)</sup>	150	0,8-1,5	140
40	16-40	100	1,6-3,0	110
40	> 40	70	3,1-5,0	80
40			> 5,0	0

<sup>(1)</sup> Em solos com teor de argila < 25% utilizar de 100 a 150 kg de  $P_2O_5$ /ha em área total, acrescidos de 100 kg de  $P_2O_5$ /ha no sulco de plantio.

<sup>(2)</sup> Em Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos) e Latossolos aplicar no máximo 100 kg de  $K_2O$ /ha no sulco de plantio, e o restante em cobertura, antes do fechamento do canavial.

### 7.6.2. Adubação da cana-soca

Na adubação nitrogenada da cana-soca utilizar aproximadamente 1,0 kg de N por tonelada de colmos, enquanto na adubação potássica tomar como base as expectativas de produtividade, bem como os teores de K da análise de solo (amostragem da soqueira), quando disponíveis, porém procurando sempre observar uma relação N:  $K_2O$  na faixa de 1:1 a 1,5 (Tabelas 17 e 18).

A mudança do sistema de colheita de cana, com prévia despalha à fogo para cana crua colhida mecanicamente, é um processo irreversível, estando prevista na legislação do setor sucro-

**Tabela 17. Adubação mineral de cana-soca em função da expectativa de produtividade.**

Produtividade esperada	N	$K_2O$
t/ha	----- kg/ha -----	
65-80	80	100
81-100	100	130
> 100	120	160

**Tabela 18. Adubação mineral potássica baseada na análise química da soqueira.**

K mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	$K_2O$ kg/ha
< 1,5	150
1,6-3,0	110
> 3,0	80

alcooleiro. Essa mudança representa vantagens, dentre outras, para a conservação do solo, manutenção da umidade e reciclagem de nutrientes. No entanto, implicará numa maior dificuldade para aplicação dos fertilizantes, em razão da necessidade de incorporá-los durante o cultivo para a recomposição da porosidade do solo devido ao tráfego agrícola.

Essa dificuldade é preocupante haja visto que a uréia é o fertilizante utilizado em maior quantidade devido a sua economicidade, ampliando os riscos de perdas por volatilização, comparada às demais fontes. Portanto, é indispensável que esse fertilizante seja aplicado em profundidade, utilizando implementos que apresentem discos de corte acoplados, para proceder o corte da palhada e dispor o fertilizante no interior do solo, sendo suficiente o enterrio a 5 cm de profundidade para reduzir as perdas a níveis que não ultrapassem 5%.

Quando a uréia foi alocada superficialmente em solos cobertos por palha, as perdas por volatilização foram elevadas, atingindo níveis entre 50% e 94% (WOOD, 1991 e OLIVEIRA et al., 1997). Tais resultados se originam da atividade da enzima urease na presença de umidade, altas temperaturas, exposição à ação dos ventos e pela ausência de sítios de adsorção da amônia. O fenômeno pode ser agravado em consequência da baixa capacidade de retenção do gás produzido, ou parcialmente controlado pelas condições climáticas como chuva e irrigação com vinhaça, as quais podem arrastar o fertilizante em profundidade, diminuindo a volatilização, estimando-se que sejam suficientes, para tanto, 15 mm de chuva após a adubação. A hidrólise da uréia não ocorre na falta de umidade, entretanto, o orvalho e a ascensão da umidade do solo durante o período noturno são suficientes para desencadear o processo.

Fontes de nitrogênio como nitrato de amônio e sulfato de amônio não estão sujeitas a perdas significativas por volatilização da amônia, no entanto, qualquer uma delas, inclusive a uréia, pode sofrer perdas por desnitrificação como consequência da diminuição da aeração, pela maior umidade, combinada com os problemas físicos de compactação e na presença de compostos de carbono solúveis (CANTARELLA, 1998).

A reciclagem de nutrientes imobilizados na palhada da cultura no sistema de cana crua é mais lento, com exceção do potássio, considerando-se os macronutrientes primários, conforme indicam os dados da Tabela 19. Verifica-se que apenas 20% da matéria seca

e 18% do N são mineralizados, enquanto a totalidade do P e do S permanecem inalterados após 12 meses do corte da cana-de-açúcar.

Os dados contidos na Tabela 19 indicam que o manejo do N no sistema de cana crua deve ser modificado em relação ao tradicionalmente adotado com despalha pelo fogo. As altas relações C/N, C/P e C/S, iguais a 97, 947 e 695 na palha recém-colhida, e 68, 552 e 455 na palha remanescente, respectivamente, evidenciam que o N não está disponível para a cultura no período considerado (OLIVEIRA, et al., 1999). Portanto, a cultura provavelmente responderá à aplicação do nutriente, e nesse caso a escolha da fonte recairá sobre aquela que apresentar a melhor relação benefício/custo, considerando a necessidade da sua incorporação com implementos apropriados.

Da análise de tais implicações surge a possibilidade do incremento da utilização de fontes nitrogenadas obtidas a partir das misturas das mesmas, como descrito a seguir:

- Uran:** adubo fluido obtido da mistura do nitrato de amônio com uréia;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (44,3%) +  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (35,4%) +  $\text{H}_2\text{O}$  (20,3%), apresentando 32% N (14%  $\text{NH}_2$ , 9%  $\text{NH}_4$  e 9%  $\text{NO}_3$ ) com densidade de  $1,326 \text{ g.cm}^{-3}$ ;
- Sulfuran:** adubo fluido obtido da mistura de uran com sulfato de amônio; apresentando 20% N (8%  $\text{NH}_2$ ; 8%  $\text{NH}_4$ ; 4%  $\text{NO}_3$  e 4% S) com densidade de  $1,26 \text{ g.cm}^{-3}$ ;
- Sulfonitrato de amônio:** adubo sólido obtido da mistura de nitrato de amônio (76%) com sulfato de amônio (21%) mais condicionador 3%, apresentando 5 a 6% de S e 28 a 29% de N;
- Uréia + Sulfato de amônio:** mistura que reduz a volatilização de  $\text{NH}_3$  devido à menor quantidade de uréia, bem como pelo efeito acidificante do sulfato de amônio. Outra vantagem é a relação N/S, bem mais adequada para as culturas, que pode ser proporcionada pela mistura de 500 kg de uréia com 500 kg de sulfato de amônio, originando a fórmula: 32-00-00-12.

Estas misturas apresentam menores perdas por volatilização, e combinadas com o fornecimento de N e S (com exceção do uran) poderão aumentar a mineralização da palhada pelo abaixamento das relações C/N e C/S, respectivamente, bem como constituem fonte para o suprimento desses nutrientes para as soqueiras de cana.

Quanto ao K, analisando-se ainda a Tabela 18, observa-se que provavelmente as doses do mesmo em adubação de soqueiras poderão ser reduzidas, em virtude da alta reciclagem do mesmo na matéria seca da palhada, com conseqüente mobilização para o solo.

Em relação à adubação fosfatada de soqueira, as condições de resposta à aplicação de  $\text{P}_2\text{O}_5$  se darão quando na análise de solo as condições de acidez forem satisfatórias, isto é,  $\text{V}\% \geq 50\%$  e quando os teores de P no solo forem baixos [P-resina  $\leq 10 \text{ mg.dm}^{-3}$ ].

Assim, sabendo-se que  $10 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P equivalem a  $46 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na camada de 0-20 cm (considerando a densidade do solo igual a 1,0) e que  $100 \text{ t.ha}^{-1}$  de colmos extraem cerca de  $45 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , o não fornecimento de P levará a um esgotamento desse nutriente no solo, necessitando, portanto, da reaplicação de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Por exemplo: utilizando-se da fórmula 18-06-24, podem ser sugeridas as seguintes doses da mesma em função da produtividade, com as quantidades de  $\text{P}_2\text{O}_5$  correspondentes:

Dose (kg/ha)	400 (24 kg $\text{P}_2\text{O}_5$ )	500 (30 kg $\text{P}_2\text{O}_5$ )	600 (36 kg $\text{P}_2\text{O}_5$ )
Produtividade (t/ha)	< 80	80-100	> 100

As fórmulas mais recomendadas para o fornecimento simultâneo de N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$  em soqueiras são:

Fórmulas	N/ $\text{K}_2\text{O}$
18 - 06 - 24	1,3
20 - 05 - 25	1,3
15 - 05 - 25	1,6
18 - 05 - 27	1,5

## 7.7. Adubação com enxofre e micronutrientes

As áreas com maiores possibilidades de resposta ao enxofre são:

- Sem aplicação de resíduos orgânicos, ou de gesso agrícola;
- Mais distantes da usina (sem retorno do  $\text{SO}_2$  da queima do bagaço);
- Em solos de baixa CTC.

Nestas áreas é fundamental o fornecimento de S, utilizando-se de fontes nitrogenadas como o sulfato de amônio (24% S), Sulfuran (4% S) ou fontes de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como SPS (12% S), Multifosfato Magnésico (4 a 8% S) ou Termofosfato Magnésico (5 a 8% S). A dose suficiente para a cana-de-açúcar, combinando-se a nutrição e as perdas, é de aproximadamente 50-60 kg de S/ha.

Quanto aos micronutrientes, conforme já discutido, não existe comprovação de resposta significativa da cana ao uso dos mesmos, salvo nos tabuleiros terciários; porém, em sistemas de alta produtividade, é importante acompanhar a possibilidade de deficiência através da diagnose visual, diagnose foliar, análise do solo e histórico da área. Assim, a título de sugestão, estão apresentadas

**Tabela 19. Massa de matéria seca da palha de cana crua, quantidade de nutrientes e carboidratos estruturais nas amostras realizadas em 1996 e na palha remanescente em 1997 (OLIVEIRA et al., 1999).**

Ano	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	C
	t.ha <sup>-1</sup>	----- kg.ha <sup>-1</sup> -----						
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
Ano	Hemicelulose	Celulose	Lignina	Conteúdo celular	C/N	C/S	C/P	
	----- kg.ha <sup>-1</sup> -----							
1996	3.747 a	5.376 a	1.043 a	3.227 a	97 a	695	947	
1997	943 b	5.619 a	1.053 a	2.961 b	68 b	455	552	

na Tabela 19 as doses e fontes de micronutrientes em função de seus teores no solo.

**Tabela 19. Doses e fontes de micronutrientes para a adubação da cana-de-açúcar.**

Teor no solo	Dose recomendada	Fontes
Zn (DTPA < 0,6 mg.dm <sup>-3</sup> )	5 kg Zn/ha	Óxi-sulfatos
Cu (DTPA < 0,3 mg.dm <sup>-3</sup> )	3 a 4 kg Cu/ha	Óxi-sulfatos
B (água quente < 0,2 mg.dm <sup>-3</sup> )	2,5 kg B/ha	Ulexita

## 8. FORMULAÇÕES DE FERTILIZANTES MAIS USUAIS PARA CANA-DE-AÇÚCAR

### 8.1. Formulações sólidas

Cana-planta		Cana-soca	
05 - 30 - 25	04 - 10 - 20	18 - 00 - 27	20 - 05 - 20
04 - 20 - 25	04 - 20 - 20	18 - 05 - 27	18 - 06 - 24
00 - 20 - 25	04 - 20 - 15	18 - 00 - 36	20 - 05 - 25
00 - 20 - 30	05 - 25 - 25	20 - 00 - 25	22,5 - 00 - 30
		20 - 00 - 20	15 - 08 - 25

### 8.2. Adubos fluidos

Cana-planta	Cana-soca	
	Áreas com vinhaça	Áreas sem vinhaça
03 - 15 - 12		
03 - 15 - 10	Aquamônia: NH <sub>4</sub> OH (20% N)	08 - 00 - 12
03 - 15 - 15	Uran: 32 - 00 - 00	10 - 00 - 15
	Sulfuran: 20 - 00 - 00 - 04	15 - 00 - 15

## 9. LITERATURA CITADA

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

CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista STAB**, v.13, n.5, p.16-19, 1995.

CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistema de cana crua. **Revista STAB**, v.16., n.4, p.21-22, 1998.

DEMATTÊ, J.L.I. Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégia de manejo. In: 5º Sem. Agroindustrial, e 29ª Semana "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1986. (mimeografado).

DIAS, F.L.F.; MAZZA, J.A.; MATSUOKA, S.; PERECIN, D.; MAULE, R.F. Produtividade de cana-de-açúcar em relação ao clima e solos da região Noroeste do Estado de São Paulo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.627-634, 1999.

IDE, B.Y.; PENATTI, C.P. Cultura de soqueira de cana-de-açúcar: época, idade e sistema. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 3., 1986. Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba, 1986. p.411-422.

KOFFLER, N.F. A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no Cerrado. Piracicaba: POTAFOS, 1986. 12p. (Informações Agronômicas, 33).

MAZZA, J.A.; SILVA, M.M.; PRATA, P.N.; SAMAIA, A. O manejo racional dos solos e a sustentabilidade na cafeicultura irrigada. In: ENCONTRO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO, 6., Uberlândia, 2001. p.93-124.

MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; PEREIRA, H.S.; MENEZES, G.M.; TAGLIARINI, C.H. Influência da compactação no desenvolvimento do sistema radicular de citros: sugestão de método qualitativo de avaliação e recomendação de manejo. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v.15, n.2, p.263-275, 1994.

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. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.16, p.187-194, 1992.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; DEMATTÊ, J.L.I.; DALBEN, A.E. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção da cana-de-açúcar. **Revista STAB**, v.6, n.2, p.24-31, 1987.

OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; VITTI, A.C.; BENDASSOLI, J.A.; TRIVELIN, P.C.O. Volatilização de amônia proveniente da uréia (<sup>15</sup>N) aplicada em um solo cultivado com cana-de-açúcar. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP, 3., Piracicaba, 1997. p.28.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Scientia Agrícola**, 1999.

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

PENATTI, C.P.; FORTI, J.A. **Projeto: Calcário e gesso em cana-de-açúcar**. Piracicaba: COPERSUCAR, 1993. 79p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. (coord.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. p.233-236.

TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. **Análise foliar: amostragem e interpretação**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.

VITTI, G.C.; MARTINS, J.P.P. **Calagem na cana-de-açúcar**. Serrana Fertilizantes, 2001. 8p. (Boletim Técnico-Fertilizantes, 9)

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Aspectos importantes no manejo da cana-de-açúcar**. FERTIZA/CEA. Piracicaba, 1998. 3p. (Folder Técnico)

VITTI, G.C.; ROLIM, J.C. Fontes e localização de fósforo na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: FEALQ/MANAH S.A./FERTILIZANTES MITSUI, 1997. 85p. (Relatório de Pesquisa).

WOOD, A.W. Management of crop following green harvesting of sugar cana in North Queensland. **Soil & Tillage Research**, v.20, p.69-85, 1991.

## EU CREIO

### *Cora Coralina*

Creio nos valores humanos  
e sou a mulher da terra.

...

Creio na força do trabalho  
como elos e trança do progresso.

Acredito numa energia imanente  
que virá um dia ligar a família humana  
numa corrente de fraternidade universal.

Creio na salvação dos abandonados  
e na regeneração dos encarcerados,  
pela exaltação e dignidade do trabalho.

...

Acredito nos jovens  
à procura de caminhos novos  
abrindo espaços largos na vida.  
Creio na superação das incertezas  
deste fim de século.