

Tópicos da cultura da Cana-de-açúcar

Aula do curso de cana - 2007

Raffaella Rossetto

Fábio L. F. Dias

Conteúdo da Aula:

- Conceitos de adubação e nutrição da cana-de-açúcar.
- Exigências nutricionais, uso de calcário e gesso, adubação com macro e micronutrientes,
- Uso de resíduos como fonte de nutrientes.

1. Conceitos e fatores que afetam o crescimento

Vários fatores afetam o crescimento das plantas. Entre eles o clima, o solo e a atividade do homem nas operações de cultivo da terra.

Os solos representam a camada mais externa da crosta terrestre constituída por areia, silte, argila, fragmentos de rochas, matéria orgânica, e seres vivos, e nele que se desenvolvem os vegetais, que obtêm do mesmo, através das raízes, a água e os nutrientes. Muitas vezes, os solos não apresentam capacidade de fornecer à cultura todos os nutrientes em quantidade adequadas e no momento certo necessários para obter boa produtividade.

A adubação visa completar a necessidade em nutrientes, mas quando se pensa em adubação (uso de fertilizantes químicos e ou orgânicos) a maior preocupação ocorre em relação às dosagens e com os custos. A adubação perfeita pode ir por água abaixo se o agricultor não observar a presença de pragas ou da concorrência do mato (Figura 1), ou a conservação do solo (Figura 2) ou a época de plantio, em fim, todas as variáveis. Também o modo de aplicação do fertilizante, a regulagem dos implementos e a época de aplicação, podem ser determinantes do sucesso das adubações no aumento da produtividade, ou seja, a adubação e a nutrição da cana-de-açúcar, e sua eficiência no incremento da produtividade será tanto maior quanto melhor for o ajuste dos fatores e práticas agrícolas que interferem no crescimento.



Figura 1. Perdas na produtividade pela presença plantas daninhas
(Fonte: Rossetto, 2005).



Figura 2. Erosão(Fonte: Bolonhesi, 2000).

A necessidade de adubação de uma cultura é a resultante da quantidade necessária de um ou mais nutrientes para a máxima produtividade econômica da cultura, menos a quantidade desses nutrientes que é fornecida pelo solo.

Existem várias ferramentas para saber qual elemento e quanto a cana necessita de determinado nutriente. Entre elas, utilizamos a diagnose visual, a diagnose foliar, a extração de nutrientes por unidade de massa produzida e a expectativa de produtividade da cultura em determinado solo.

Para saber quanto o solo apresenta de determinado elemento, utilizamos também algumas ferramentas. A principal delas é a análise do solo. A adubação deve então fornecer a diferença entre o que a planta precisa e o que o solo fornece. Parece bem simples. E em teoria, realmente é. Mas ainda tem um detalhe. Após sabermos a quantidade de determinado elemento que devemos adicionar ao solo, temos ainda que lembrar que a eficiência do uso do elemento que estamos colocando na adubação não é 100%. O adubo pode ser perdido por lixiviação, por volatilização, desnitrificação, as raízes podem não encontrá-lo, pode faltar água para transportá-lo no solo, enfim, temos que estimar um índice de eficiência e compensá-lo (o fator f da fórmula que consta na ilustração abaixo).

ADUBAÇÃO = (Planta - solo) . f

Considerando as principais perdas, utilizamos os dados apresentados na Tabela 1, para as percentagens médias de utilização do nutrientes N, P e K e os respectivos fator f .

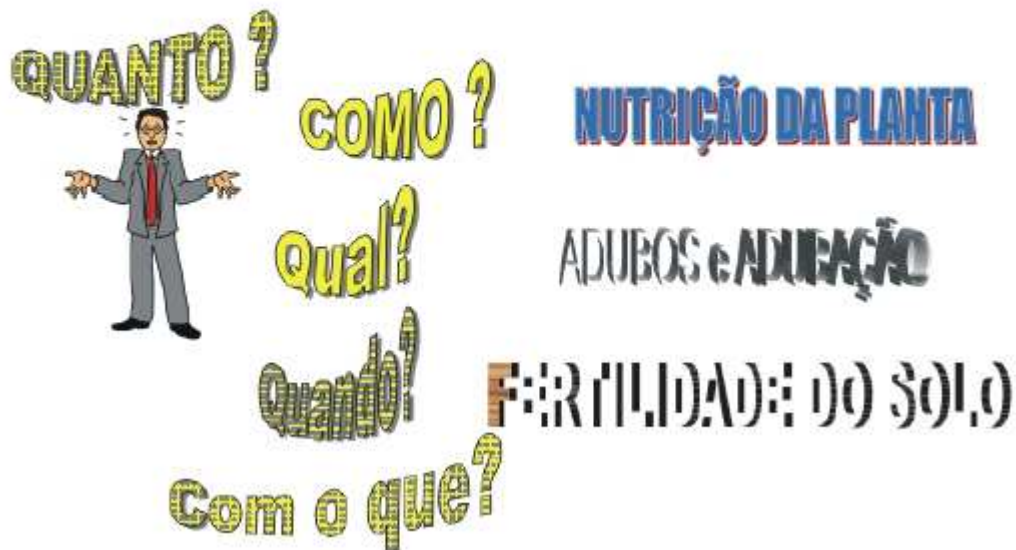
Tabela 1. Percentagem de aproveitamento dos nutrientes.

Elemento	% de aproveitamento	f
N	50	2
P ₂ O ₅	20 a 30	3 a 5
K ₂ O	70	1,5

Vejam que o fósforo é o que tem a menor eficiência. Além do fato de que nossos solos têm em geral baixos teores desse elemento, ao colocá-lo, ocorrem reações que diminuem sua disponibilidade, como a fixação de P, e diminuindo a eficiência de utilização. Já o potássio, praticamente 70% do que é aplicado, é utilizado pela cana.

Contribuem para essa eficiência da adubação: a escolha da fonte de fertilizante, a época de aplicação, a forma em que foi aplicado o adubo. Surgem então muitas perguntas, e ficamos com um sistema com muitas variáveis, às vezes, como o sujeito do desenho abaixo. Precisamos então, juntar vários conceitos, ditados pelas grandes áreas da agronomia. Entre elas: Nutrição de plantas, Fertilidade do solo, Tecnologia de adubos e Manejo da adubação.

ADUBAÇÃO = (Planta - solo) . f



A adubação, assim como as demais práticas agrícolas, deve levar em consideração a sustentabilidade do processo como um todo e a conservação do ambiente. Assim, perdas de nutrientes por escoamento, erosão, lixiviação, podem contaminar os mananciais e os cursos de água e devem ser evitadas através de aplicações racionais. A cana-de-açúcar é uma cultura conservacionista. Existe pouca movimentação de solo, uma vez que a cana permanece no campo ao menos 5 anos antes da reforma do canavial. Além disto, utiliza grandes quantidades de resíduos orgânicos, todos os produzidos pela cadeia de produção do açúcar e do álcool, como fonte de nutrientes, promovendo um retorno de matéria orgânica e de parte dos próprios nutrientes que a cultura havia extraído. Utilizar também, outro resíduo de seu processo (o bagaço) como fonte de energia para a indústria sucroalcooleira, colaborando para o uso racional desses materiais.

2. A adubação da cana-de-açúcar: investimento e retorno

A adubação é um importante fator da produtividade. É também um elemento da planilha de custos, responsável em geral entre 17 e 25% de todos os custos do plantio da cana. É importante salientar, que quanto mais a adubação ou qualquer outro fator, causa aumento da produtividade, menor é o custo por tonelada da cultura, como demonstrou Silva (2006), na Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Custo da tonelada de cana e produtividade da cana (Fonte: Silva, 2006).

Itens	-----Produtividade (t .ha ⁻¹) -----								
	65	70	75	80	85	90	95	100	105
R\$. t ⁻¹	48,16	45,80	43,75	41,96	40,38	38,97	37,71	36,58	35,56
Diferença (R\$)	2,36	2,05	1,79	1,58	0,00	-1,41	-2,67	-3,80	4,82
Diferença (%)	19,3	13,4	8,3	3,9	0,0	-3,5	-6,6	-9,4	-12,0

Tabela 3. Redução no custo (R\$/t) com aumento da produtividade (Fonte: Silva, 2006).

Produtividade (t . ha ⁻¹)	Redução (R\$.t ⁻¹)
65 – 70	2,36
70 – 75	2,05
80 – 85	1,58
90 – 95	1,26
100 – 105	0,99

As relações de troca entre a cana-de-açúcar e custo dos fertilizantes é dada pela Tabela 4. Para pagar o custo de cada tonelada de adubo de plantio são necessárias 14 toneladas de cana e para a adubação das socas, 15 toneladas de cana. (Silva, 2006).

Tabela 4. Valor de troca entre fertilizante e cana-de-açúcar. (Fonte: Silva, 2006).

	R\$	Toneladas de Cana	Kg de ATR
Fertilizante (t)			
Plantio	638	14	2070
Soca	659	15	2138

3. A adubação e a longevidade do canavial

Solos com alta fertilidade suportam canaviais com muitas socas, de maneira a que a produtividade ao longo dos anos ainda se mantém econômica. Assim, a adubação também concorre para a maior longevidade do canavial.

A cada corte a produtividade se reduz, gradativamente, e as diferenças entre a produtividade da cana planta e da primeira soqueira são bem maiores que as diferenças encontradas entre o 5º e o 6º corte, e assim sucessivamente. O grau de diminuição da produtividade ao longo dos cortes é uma característica do potencial genético da variedade, uma vez que grande energia é gasta para a rebrota a cada ano, além das condições de fertilidade do solo e de outros fatores de produção que devem ser mantidos.

A Tabela 5 compara as produtividades obtidas nos diversos cortes na região centro sul e nordeste, em 54 usinas na safra de 2003/2004. (Nunes Jr, et al. 2005).

Tabela 5. Produtividade em função do estágio de corte, safra 03/04 (Fonte: Nunes Jr, et al. 2005).

Locais	Estágios de Corte (t. ha ⁻¹)						Média	
	12m	18m	2º	3º	4º	5º		6º
Centro Sul	78,8	102,9	89,7	77,1	70,8	66,2	66,9	82,3
Nordeste	82,2	79,3	75,3	66,6	62,9	58,5	58,8	68,4
Geral	79,7	100,1	87,8	75,8	68,8	65,3	65,8	80,4

Com a melhoria da fertilidade do solo além de outros fatores de produção, a exemplo da irrigação, induz-se a maior longevidade do canavial. Verifica-se que do ponto de vista econômico a maior longevidade é bem vista, pois menor é o custo de produção total, uma vez que os custos de implantação do canavial, onde incidem as maiores despesas, ficam diluídos ao longo dos anos (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6. Custos de produção em função do número de cortes (Fonte: Silva, 2006).

Itens	Número de Cortes								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R\$/t	44,34	41,86	40,38	39,39	38,68	38,15	37,74	37,41	37,14
Diferença (R\$)	3,96	1,48	0,00	-0,99	-1,70	-2,23	-2,64	-2,97	-3,24
Diferença (%)	9,8	3,7	0,0	-2,5	-4,2	-5,5	-6,6	-7,4	-8,0

Tabela 7. Redução dos custos (R\$/t) em função do número de cortes (Fonte: Silva, 2006).

Número de cortes	Redução (R\$.t⁻¹)
3 - 4	2,48
4 - 5	1,48
5 - 6	0,99
6 - 7	0,71
7 - 8	0,53
8 - 9	0,41

A Figura 3. preparada com os dados obtidos por Orlando Filho et al. (1993), apresenta a queda da produtividade da cana-de-açúcar nos diferentes ciclos da cultura e como a adubação pode reduzir o impacto da queda da produtividade. Verifica-se que nas condições desse experimento em Neossolo quartzarênico, a redução da produtividade ao final da terceira soqueira representou 45%. Com a adubação NPK+S a produtividade reduziu-se em 26% ao final da terceira soqueira. Na somatória dos 4 anos, temos que sem adubação a produtividade alcançou 424t e o tratamento NPK+S acumulou 511 t, quase 100 t a mais no período de 4 anos, considerando que trata-se de um solo bastante arenoso e de baixa fertilidade.

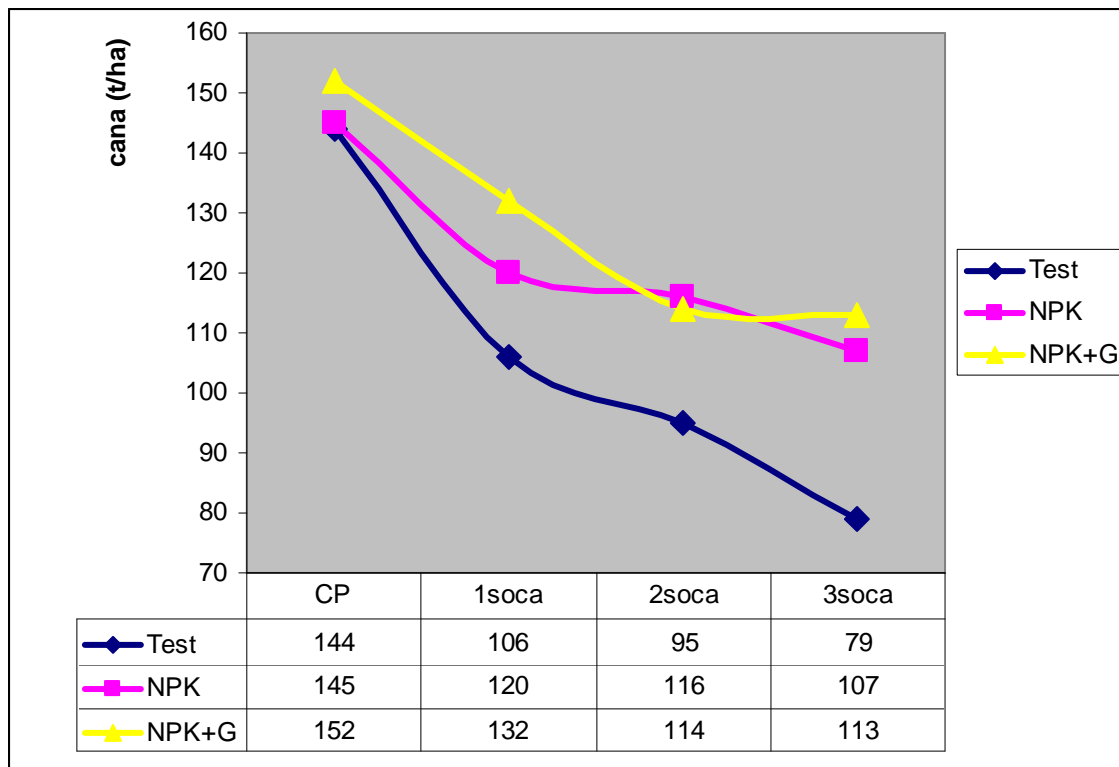


Figura 3. Variação da produtividade da cana variedade SP70-1143 (t/ha) nos diversos ciclos da cultura nos tratamentos adubados e não adubado (adaptado de Orlando Filho et al. 1993). Obs. NPK cana planta (CP)= 41-180-200 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O; socas= 80-00-200kg/ha de N-P₂O₅-K₂O; gesso (G)= 65 kg/ha de S

4. Avaliação do estado nutricional

Uma das principais questões para a adubação e a nutrição das culturas é saber quanto o solo pode fornecer de nutrientes e avaliar o estado nutricional da cultura, numa fase que ainda permita correções e adições de nutrientes sem prejudicar a produtividade. No caso da cana-de-açúcar está não é uma tarefa das mais fáceis, como se verá. Existem várias ferramentas para saber qual elemento e quanto a cana necessita de determinado nutriente. Entre elas, utilizamos a diagnose visual, a diagnose foliar, a extração de nutrientes pela cultura e a expectativa de produtividade da cultura em determinado solo. Dias e Rossetto (2006) apresentam alguns detalhes desses métodos.

Para saber quanto o solo apresenta de determinado elemento, utilizamos também algumas ferramentas. A principal delas é a análise do solo, que vai indicar quanto de determinado nutriente o solo pode fornecer para a cana. A adubação deve então fornecer a diferença entre o que a planta precisa e o que o solo fornece. Mas ainda tem um detalhe. Após

sabermos a quantia de determinado elemento que devemos adicionar ao solo, temos ainda que lembrar que a eficiência do uso do elemento que estamos colocando na adubação não é 100%. O adubo pode ser perdido no perfil do solo, as raízes podem não encontrá-lo, pode faltar água para transportá-lo no solo, as plantas podem ter o sistema radicular pouco desenvolvido ou confinado numa camada de solo, em fim, temos que estimar um índice de eficiência e compensá-lo.

4.1. Diagnose visual

A diagnose visual é uma importante ferramenta auxiliar para avaliação do estado nutricional. No caso da cana-de-açúcar, conhecer a área que se quer adubar e observar sintomas de deficiência ou toxidez pode fornecer indicativos se não para o cultivo em questão, ao menos para a adubação do próximo ciclo. Entretanto o reconhecimento dos sintomas requer grande prática do técnico. É comum confundir os sintomas com doenças ou ataque de pragas ou mesmo, influência do clima. No caso da cana, uma vez detectada a deficiência por apresentação de sintomas, a correção nem sempre é possível. A cana pode estar muito crescida, dificultando a entrada do trator. Uma nova operação no canavial significa também um gasto muito alto. Portanto a diagnose visual tem maior importância para a adubação do ano subsequente.

As desordens nutricionais que inibem pouco o desenvolvimento ou a produção não são caracterizadas por sintomas visíveis. Os sintomas de deficiência tornam-se visíveis quando a deficiência é aguda e o desenvolvimento já foi sensivelmente comprometido (Bataglia et al. 1992). Sintomas de deficiências e toxidez ocorrem de forma homogênea no solo. Em geral ocorrem em muitas plantas de cana (ou em todas) que estão naquele solo, ou naquela faixa de topografia do solo. Sintomas de ataque de pragas e doenças em geral ocorrem em reboleiras. De acordo com a fisiologia vegetal e a mobilidade dos nutrientes dentro da planta, devemos observar se os sintomas ocorrem nas folhas velhas ou novas, de tal forma que é possível elaborar chaves de diagnose visual, conforme a Tabela 8.

Tabela 8. Chave para determinar sintomas de deficiências.

1.Folhas velhas	1.1.Clorose	1.1.1. Uniforme, folhas verde claras, ou amareladas	N, S
		1.1.2. Internerval	Mg, Mn
	1.2.Necrose	1.1.3. Amarelecimento das pontas, secamento das margens e pontas	K
		1.1.4.Internerval	Mg, Mn
2.Folhas Novas	2.1.Clorose	2.1.1..Uniforme	Fe, S
		2.1.2.Internerval	Zn, Mn
	2.2.Clorose + morte gema	2.2.1.Entortamento do ápice	Ca,
		2.2.2. Folhas abertas e desorganizadas	Cu
	2.3.Encurvamento		
2.4. Deformação		Mo, Zn, B	

4.2. Diagnose foliar

Através da análise dos elementos absorvidos pelas folhas pode-se avaliar o estado nutricional da cultura. Existem muitas limitações para o uso dessa técnica em cana-de-açúcar. A determinação da folha a ser amostrada, da época de amostragem e das faixas de concentração médias, são especialmente difíceis em cana, porque a cultura apresenta diferentes épocas de plantio e cultivo nas regiões do Brasil, pela interferência dos parâmetros climáticos na produtividade, pela diferença na absorção de nutrientes entre as variedades. Uma única folha retirada precocemente, para que tivéssemos tempo de corrigir os prováveis problemas, deve representar o estado nutricional do ciclo todo. Por fim, os limites de teores encontrados nas plantas com pequena deficiência, porém que poderia limitar a produtividade, não são muito distantes dos teores de uma planta bem nutrida, o que torna a técnica de difícil utilização.

A amostragem é a fase que requer atenção. As amostras devem ser compostas, retiradas aos 4 ou 5 meses de idade, coletando 100 folhas por talhão (10ha). Deve-se coletar a 1ª folha com bainha visível (+1). Alguns autores preferem indicar a folha +3. As folhas devem

ter a nervura central retirada, descartadas as pontas e as bases, mantendo nas amostras apenas os 20 cm centrais do limbo foliar. As análises realizadas por laboratórios especializados devem ser interpretadas segundo o nível crítico e as faixas de valores médios. O nível crítico corresponde à concentração na folha abaixo da qual a taxa de crescimento ou a produção ficam significativamente comprometidas. Existem controvérsias, mas de maneira geral, no Brasil, considera-se que o nível crítico (de deficiência) é a concentração do nutriente que provoca uma redução de 10% na produção. A Tabela 9 apresenta os níveis críticos para a cana-de-açúcar segundo Malavolta (1981). De maneira análoga, o nível crítico de toxidez seria a concentração tóxica do nutriente que reduz em 10% a produção (Bataglia et al. 1992).

Tabela 9. Nível crítico para a cana-de-açúcar (Malavolta, 1981).

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- g . 100g ⁻¹ -----						----- ug . g ⁻¹ -----				
1,6	0,12	1,2	0,4	0,2	0,2	10	6	100	50	10

As faixas de concentração são mais úteis para culturas onde existe grande diversidade de variedades com comportamentos específicos. Teoricamente as faixas são divididas em 5 níveis: deficiência aguda, latente, intermediária, alta e tóxica, mas a determinação de cada intervalo é muito difícil. Em geral mantém-se apenas um intervalo, abaixo do qual temos o indicativo de deficiência e acima do qual temos o indicativo de suficiência ou, para alguns nutrientes, de toxidez. A Tabela 10, apresenta as faixas de concentração para a cana-de-açúcar, segundo Raij e Cantarella (1996).

Tabela 10. Faixas de teores adequados de nutrientes para cana-de-açúcar. Foliar (Raij & Cantarella, 1996).

N	P	K	Ca	Mg	S
----- (g kg ⁻¹) -----					
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 ⁻¹) -----					
10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50

4.3. Extração e exportação pela cultura

A extração de nutrientes pela cultura, ou seja, o teor percentual do elemento dado pela análise química do tecido vegetal, multiplicado pela quantidade de cana (massa) produzida em um hectare, ou mais frequentemente, a quantidade de nutrientes retirada por 100 toneladas de cana, nos dá grande indicação da quantidade do elemento que seria necessário adicionar pela adubação de restituição dos elementos extraídos e exportados do solo. Salienta-se que adubações que apenas restituem os teores extraídos, não contribuem para a melhoria da fertilidade do solo. Dados médios para a cana-de-açúcar podem ser visualizados na Tabela 11. Constata-se que a maior parte da massa do tecido vegetal da cana, aproximadamente 96%, é composta por C, H, O, nutrientes que são fornecidos pelo ar atmosférico e pela água, e fixados durante as reações da fotossíntese. Apenas 4% da matéria vegetal, é composta pelos nutrientes minerais.

Tabela 11. Quantidades médias de macro e micronutrientes extraídas por 100t de colmos. (Orlando F., 1993).

Elemento	Colmos	Folhas	Total
N (kg/100t)	83	60	143
P (kg/100t)	11	8	19
K (kg/100t)	78	96	174
Ca (kg/100t)	47	40	87
Mg (kg/100t)	33	16	49
S (kg/100t)	26	18	44
B (g/100t)	149	86	235
Cu (g/100t)	234	105	339
Fe (g/100t)	1.396	5.525	7.318
Mn (g/100t)	1.052	1.420	2.470
Zn (g/100t)	369	223	592

4.4. Expectativa de produtividade

A expectativa de produtividade é um conceito que se aplica para diversas culturas e que auxilia na recomendação da adubação, pelas seguintes razões: culturas mais produtivas requerem mais nutrientes e com maiores produções e, portanto, maior renda. Obtendo-se maior renda pode-se também adquirir mais fertilizante. Não se trata de quanto um produtor gostaria de produzir em sua área, e sim, do potencial de produção do solo em questão. A produtividade esperada é função do potencial do solo, da genética da planta, das condições de manejo, de clima, do fornecimento suficiente de água, do controle de pragas, etc.

A produtividade esperada deve estar entre a média de produtividade obtida naquela área e a máxima produtividade obtida no mesmo local. Para isso, é importante conhecer o histórico da região. Este conceito foi introduzido nas tabelas de adubação do IAC - Boletim 100, por Raij et al. (1996) com o intuito de procurar um maior refinamento na recomendação das doses de adubação. As faixas de produtividade esperada para a cana planta são: <100; 100 – 150; > 150 t/ha. Para a cana soca: <60; 60 – 80; 80 – 100; > 100 t/ha.

5. Amostragem e avaliação da fertilidade

Para determinar quanto o solo pode fornecer de nutrientes disponíveis, a ferramenta mais útil é a análise do solo. A mesma é feita através da coleta de amostras de terra que representarão extensas áreas. Portanto é indispensável que a amostragem seja feita com muito critério. A melhor análise feita no melhor laboratório, não corrigirá uma amostragem mal feita.

As glebas devem ser divididas homoganeamente, quanto à topografia, cor e textura do solo, em áreas menores que 20ha. Deve-se acompanhar o histórico da área, anotando corretivos aplicados e dados da cultura, como o corte e a variedade.

A Figura 4, retirada do Boletim do Ministério da Agricultura, o esquema para a coleta de amostras de solo.

percorrer área em zigue-zague e coletar 20 sub-amostras

coletar a mesma quantia em cada ponto

misturar bem

retirar 300g e transferir para caixinha

Identificar, mandar para Laboratório bom

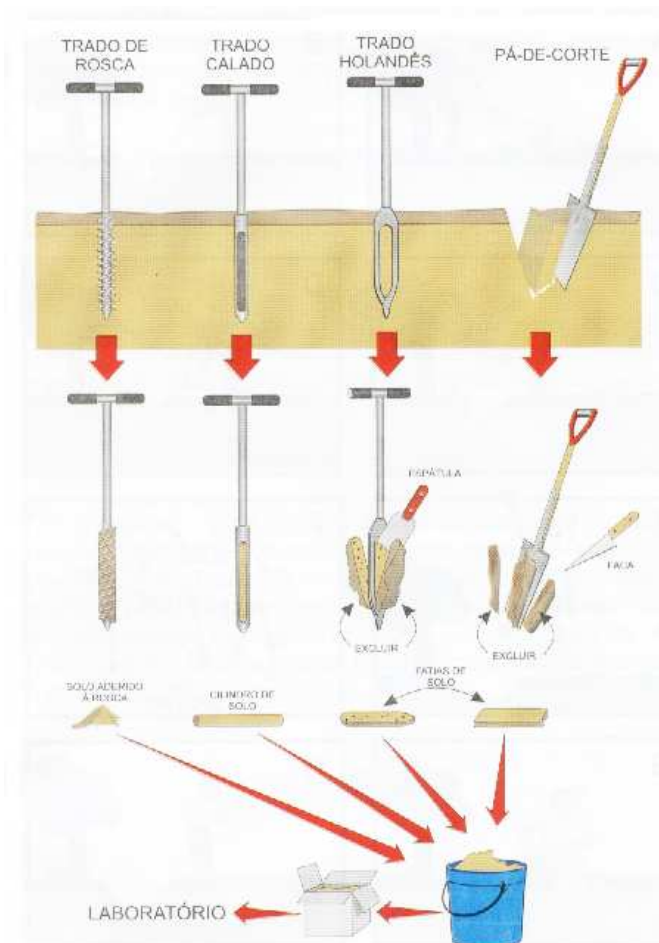


Figura 4. Amostragem de solo para fins de fertilidade (Ministério da Agricultura)

A análise do solo fornece faixas de intervalos de teores dos nutrientes, de modo a que podemos saber se o nosso solo tem teor baixo, médio ou alto de determinado elemento. As amostras de solo serão então analisadas por métodos químicos que utilizam soluções extratoras ou resinas extratoras. O importante é que a solução extratora deve simular o que as raízes da planta fariam. Por isso é feito um trabalho de calibração da análise do solo, que significa, correlacionar o teor do elemento que análise indicou para aquele determinado solo e a produtividade obtida para a cana naquele mesmo solo.

Curvas de calibração são trabalhos de pesquisa que resultam na elaboração de tabelas de recomendação de adubação, como a realizada pelo Boletim 100 do Instituto Agrônomo. A análise do solo e as curvas de calibração fornecem faixas de intervalos de teores dos nutrientes, de modo a que podemos saber se o nosso solo tem teor baixo, médio ou alto de determinado elemento.

A simples presença do elemento no solo, diagnosticado por análises químicas, nem sempre indica sua disponibilidade para as plantas. Por isso é importante verificar o método utilizado na análise química. Teores totais muitas vezes não dão a nítida idéia se o elemento será ou não fornecido para a cana. O elemento pode estar presente no solo, mas estar fortemente ligado às cargas elétricas ou pode estar dentro de cristais que compõe as partículas do solo ou pode estar presente em formas químicas que as raízes não conseguem absorver. Portanto, precisamos saber quanto o solo pode fornecer de determinado elemento, e não apenas quanto o solo apresenta de determinado elemento. A fração disponível do elemento no solo é representada pelo elemento: em solução, adsorvido ou fracamente ligado às partículas do solo. Para isto, são utilizados extratores, que são soluções químicas que quando em contato com a amostra de solo que enviamos ao laboratório, reagem e tornam solúveis quantidades do elemento, de tal forma a simular o que a cana extrairia quando plantada. Exemplo: a solução química de KCl 1N é usada como extratora de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis. A solução de Mehlich (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N é usada por vários laboratórios do Brasil para extrair fósforo e potássio trocáveis. O IAC recomenda para o caso do fósforo, a extração por resina trocadora de íons, porque a pesquisa demonstrou que havia maior correlação entre as quantidades de fósforo extraídas pela resina e o que as culturas em geral extraíam nos solos tropicais. Depois de extraídos, os elementos deverão ser determinados. Cada um deles tem seu método químico, como fósforo por colorimetria, potássio por fotometria de chama. A fase mais crítica, entretanto, é a extração. Diferentes extratores de um mesmo elemento dão resultados diferentes e pouco comparáveis entre si. Por isso, é sempre importante saber o extrator químico ao qual o dado da análise se refere.

Ainda não conhecemos um método adequado para a análise do N solo. Para este elemento utiliza-se o critério de classes de resposta esperada, e extração do elemento pela cultura. Na Tabela 12 estão listados os limites de interpretação considerados médios de cada nutriente e das propriedades químicas em análises de solo.

Tabela 12. Limites médios dos elementos e propriedades químicas observadas na análise do solo (Raij et al. 1996).

Análise do Solo			
	Médios		Médios
m.org(g/dm³)	15-25	B (mg/dm³)	0,21-0,6
pH	5,1-5,5	Cu (mg/dm³)	0,3-0,8
P (mg/dm³)	13-30	Fe (mg/dm³)	5-12
S-SO₄ (mg/dm³)	5-10	Mn (mg/dm³)	1,3-5,0
Ca (mmolc/dm³)	4-7	Zn (mg/dm³)	0,6-1,2
Mg (mmolc/dm³)	5-8		
K (mmolc/dm³)	1,6-3,0		
CTC(mmolc/dm³)	80-150		
V (%)	51-70		

Extratores:
P – resina
Ca, Mg, K - resina
B – água quente
Cu,Fe,Mn, Zn - DTPA

6. Recomendação da adubação da cana-de-açúcar em São Paulo

O IAC realizou os primeiros estudos sobre adubação da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, conforme relata Espironelo (1979). A primeira publicação, realizada em 1939 por Aguirre Jr. trata da importância do fósforo na adubação. Nesse trabalho, o autor relata ganhos de 29t/ha com a aplicação de P. Mas os trabalhos de adubação começaram antes disso. Em 1944, a publicação de Sampaio, relata os experimentos realizados de 1936 a 1943. Nesses experimentos a conclusão principal tratou sobre a necessidade da adubação no aumento da produtividade dos canaviais paulistas e principalmente do fósforo. Espironelo, (1979), relata ainda que, entre os anos 50 e os 70, o IAC concentrou-se nas pesquisas sobre as necessidades quantitativas e qualitativas de NPK - os conhecidos ensaios de calibração NPK; fontes de fertilizantes, épocas e modos de aplicação, eficiência de fosfatos naturais, micronutrientes, adubação orgânica e diagnose foliar.

Malavolta & Haag (1965), recomendaram a adubação para a cana-de-açúcar em São Paulo, diferenciando 3 tipos de solos, Terra Roxa legítima, Roxa Misturada e outras, recomendando entre 45 e 90 kg ha de N; 45 a 120 kg ha de P₂O₅ e 90 a 120 kg ha de K₂O.

Espironelo (1979) resumia a recomendação de adubação para a cana-de-açúcar no Estado de São Paulo da seguinte forma:

(a) Cana planta: 40 a 90 kg ha de N; 50 a 100 kg ha de P_2O_5 ; 60 a 120 kg ha de K_2O . Espironello salientava que solos recém iniciados com a cultura da cana poderiam requerer mais N recomendando neste caso 50, 90 e 60 kg ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Para solos com mais de 10 anos de cultivo e adubação, recomendava 40, 70 e 100 kg ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente.

(b) Soqueiras: 40 a 90 kg/ha de N; 25 a 50 kg/ha de P_2O_5 e 40 a 80 kg ha de K_2O .

Atualmente o IAC ainda é responsável pela recomendação da adubação da cana-de-açúcar considerada oficial para o Estado de São Paulo, através da publicação conhecida no meio agrônômico como Boletim 100. A última atualização desse boletim foi em 1996, e para as recomendações da adubação da cultura da cana-de-açúcar foi convidado um comitê composto por pesquisadores do IAC, da Copersucar, da UFSCar além de representantes das usinas. Para essas tabelas, foram considerados os principais resultados da experimentação agrícola, independente da instituição que havia gerado o resultado.

As recomendações de adubação levam sempre em conta a análise do solo. São também conceitos importantes os potenciais de extração da cultura e por conseqüência, a reposição dos nutrientes exportados, a diagnose foliar, e as metas de produtividade. Os experimentos de calibração de adubação fornecem dados sobre doses mais econômicas e relacionam os teores dos nutrientes no solo com a produtividade alcançada pela cultura.

As tabelas de adubação do IAC relacionam todos esses fatores e apresentam diferentes dosagens solicitando ao usuário os dados de análise do solo e a produtividade esperada (potencial de produtividade) para a sua condição.

Os teores dos nutrientes obtidos nas análises do solo, dependem dos métodos químicos para a extração. É importante verificar qual extrator foi utilizado na análise do solo, porque geralmente os teores obtidos por diferentes extratores não podem ser comparados entre si. O laboratório de análises do solo do IAC considera os seguintes extratores: (1) P, K, Ca, Mg e K - resina trocadora de íons; (2) S- SO_4 com solução extratora CaH_2PO_4 0,01 mol/L (3) B - água quente, (4) Cu, Fe, Mn e Zn - DTPA.

As Tabelas 13, 14 e 15, apresentam a recomendação para a adubação N,P e K da cana planta e da cana soca. Spironello et al. (1996), IAC - Boletim 100.

Tabela 13. Recomendação da adubação nitrogenada e fosfatada para a cana planta. IAC – Spironello et al. (1996), IAC - Boletim 100

Produtividade esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm ³			
		0 - 6	7 - 15	16 - 40	>40
t/ha	N, kg/ha	P2O5, kg/ha			
<100	30	180	100	60	40
100 - 150	30	180	120	80	60
>150	30	*	140	100	80

* Não é provável obter a produtividade dessa classe, com teor muito baixo de P no solo. Fonte: Boletim Técnico

Obs: Dependendo da meta de produtividade da cultura recomenda-se aplicar de 30 a 60 kg de N/ha além da dosagem indicada na tabela, em cobertura, 30 a 60 dias após o plantio ou após o final das chuvas. Em solos arenosos parcelar a dose de K₂O aplicando até 100 kg/ha de K₂O no plantio e o restante em cobertura junto com o N.

Tabela 14. Recomendação da adubação potássica para a cana planta. . Spironello et al. (1996), IAC - Boletim 100.

Produtividade esperada	K+ trocável, mmolc/dm ³				
	0 - 0,7	0,8 - 1,5	1,6 - 3,0	3,1 - 6,0	>6,0
t/ha	K2O, kg/ha				
<100	100	80	40	40	0
100 - 150	150	120	80	60	0
>150	200	160	120	80	0

Tabela 15. Recomendação da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a cana soca. Spironello et al. (1996), IAC - Boletim 100.

Produtividade esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm ³		K+ trocável, mmolc/dm ³		
		0-15	> 15	0,15	1,5-3,0	> 3,0
t/ha	N, kg/ha	P2O5, kg/ha		K2O, kg/ha		
< 60	60	30	0	90	60	30
60 - 80	80	30	0	110	80	50
80 - 100	100	30	0	130	100	70
> 100	120	30	0	150	120	90

7. Formulações de fertilizantes mais comuns

Para a adubação da cana-de-açúcar são comuns as formulações listadas na Tabela 16. Em geral entre 400 e 600 kg/ha do formulado são suficientes para aplicar quantidades próximas às recomendadas pela análise de solo, tanto em cana planta com em soqueiras.

Tabela 16. Formulações de adubos mais empregados em cana-de-açúcar

Ciclo	Formulações			
Cana Planta	05-20-20	05-25-25	00-20-25	05-20-30
	04-10-20	04-20-20	04-25-25	04-20-15
Cana Soca	18-00-27	18-00-36	20-00-20	20-00-25
	20-05-20	20-05-25	18-06-24	15-08-25

8. A produtividade da cana e o ambiente de produção

Entre muitos fatores que concorrem para a produtividade da cana-de-açúcar, exercem grande influência o tipo de solo e sua interação com o clima, definindo os ambientes de produção.

A Tabela 17 e a Figura 5 apresentam os resultados obtidos no trabalho de Dias et al. (1997), onde as mesmas variedades foram plantadas em diferentes solos, em diferentes déficits hídricos. Verifica-se que as variedades mostram-se mais adaptadas às condições de maior ou menor fertilidade e também apresentam-se mais tolerantes à déficits hídricos. Assim nos ambientes A e B, as variedades RB 835089 e SP81-2590 apresentaram as maiores produtividades, sendo que no ambiente E, a variedade SP79-1011 se destacou. Os solos de maior potencial de produtividade foram as Terras roxas, hoje classificadas como Nitossolos e os Latossolos roxos, atuais, Latossolos vermelhos eutróficos. As Areias quartzozas, hoje Neossolos quartzarênicos, foram os solos de menor potencial produtivo. Quando os fatores de produção estão otimizados, como melhor solo, baixo déficit hídrico, variedade bem, adaptada, a produtividade é otimizada. Por exemplo, a produtividade obtida no solo PV eutrófico em Araçatuba foi na média de todas as variedades 171 t/ha enquanto que no LV distrófico de Estrela d'Oeste, apesar do índice de pluviosidade ter sido o mesmo que o observado para Araçatuba, verificamos que a produtividade média de todas as variedades foi de 108 t/ha. Neste caso, as condições de fertilidade do solo, indicadas pela soma de bases ou V%, foram predominantes. Um bom índice que geralmente se correlaciona com a produtividade da cana é a Soma de Bases e a V% do horizonte B, como pode ser verificado nos dados de Dias et al. (1997) e também em Landell et al. (2003). A fertilidade do solo em subsuperfície pode

proporcionar melhor produtividade porque o sistema radicular da cana explora grandes volumes de solo, inclusive em profundidade.

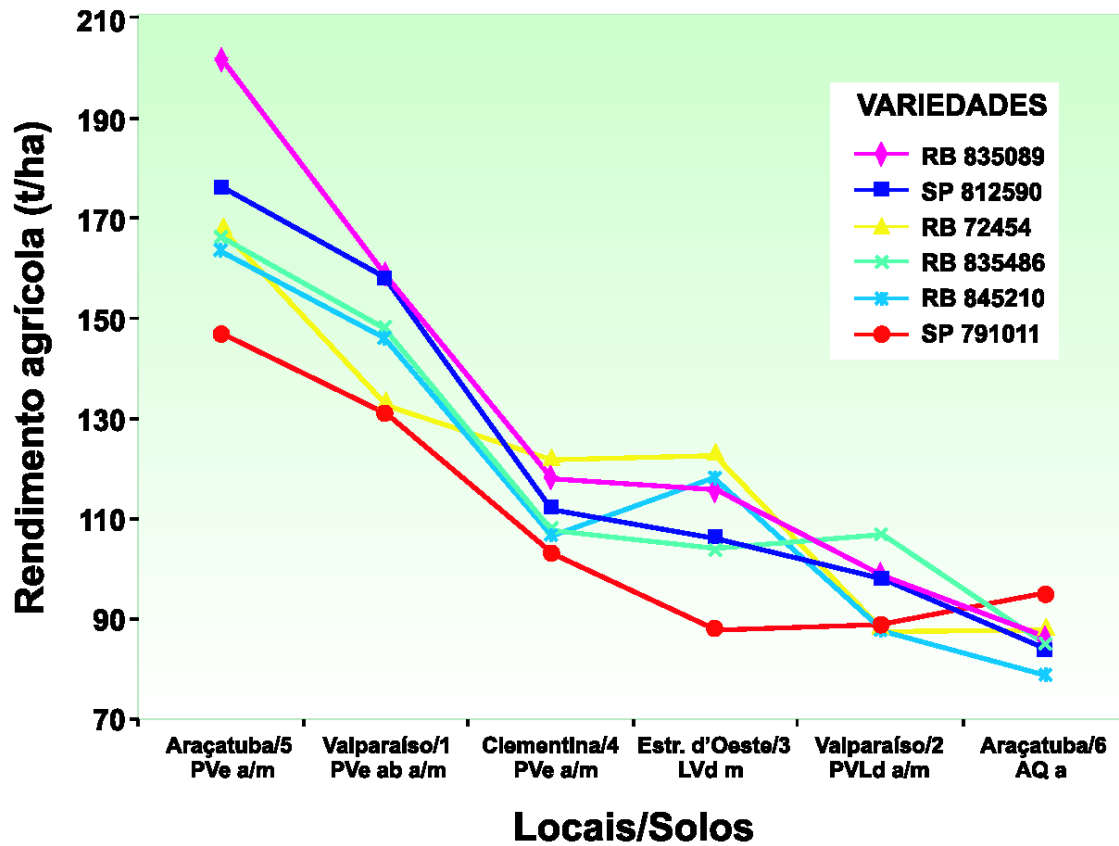


Figura 5. Produtividade de diferentes variedades em seis condições de solo e clima diferentes.

Tabela 17. 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)	1274	1698	1428	1279	1746	1268
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)	0,1	1	1	0,7	1,1	0,8
SB mmolc/d ³ (horiz. A)	66	26	22	16	18	29
SB mmolc/d ³ (horiz. 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/d ³ (horizonte A)	9	7	4	7	4	7
P mg/d ³ (horizonte B)	6	3	2	3	2	4
K mmolc/d ³ (horiz. A)	1,6	2,4	2	0,8	2,1	0,4
K mmolc/d ³ (horiz. 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
Produtividade média (t/ha)	171	144	111	108	96	85
<p>* (A) Horizonte A=0-25cm; (B) Horizonte B=25-150cm. 1 - Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média; 2 – Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico Distrófico textura arenosa/média; 3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico textura média; 4 – Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média ; 5 - Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média; 6 – Areias Quartzosas Álicas.</p>						

9. Variedades e suas exigências quanto ao ambiente de produção.

Existe grande variabilidade na resposta das variedades aos diferentes ambientes de produção. Levando em consideração aspectos de fertilidade do solo, e a troca de experiências entre diversos colegas do setor, as Tabelas 18 e 19 discriminam algumas diferenças quanto à expectativa de resposta das variedades de cana ao nível de fertilidade do solo e à brotação sob a palhada da cana.

Tabela 18. Variedades de cana e suas diferenças quanto à resposta à fertilidade do solo.

Exigência quanto á alta fertilidade do solo
Muito Exigentes
SP77-5181, SP87-396, SP87-344, RB85-5453, SP87-365
Intermediárias
SP80-1816, SP80-1842, SP80-3280, RB85-5536, SP86-155, SP81-3250, SP91-1049, IACSP94-2101, RB85-5113, SP86-42, SP83-5073, RB84-5210, RB72-454, RB92-8064, RB85-5536, IACSP94-4004, IACSP93-6006
Pouco exigentes
SP79-1011, RB85-5156, RB83-5486, RB86-7515, SP83-2847, SP85-5077, IAC87 3396. IACSP93-3046, IACSP94-2094

Tabela 19. Variedades e sua capacidade de brotação sob a palhada de cana.

Brotação sob a palhada
Excelente
RB85-5536, SP80-1842, SP79-1011, SP80-1816, SP86-155, SP80-3280, IAC87-3396, SP81-3250, RB85-5453, SP86-42, SP87-365, IACSP93-3046, IACSP94-2094, IACSP94-2101.
Boa
RB83-5054, RB85-5113, RB83-5486, IACSP94-4004, IACSP93-6006, RB867515, RB92-8064,
Regular
RB72-454, SP85-3877.

10. A acidez do solo e a calagem

Os solos brasileiros são ácidos em sua maioria. A acidez do solo é representada basicamente por dois componentes. Os íons H⁺ dissociados que estão na fase líquida – a solução do solo, denominada *acidez ativa* e os íons H⁺ e Al³⁺ que estão ligados à fase sólida (argilas, óxidos de Fe e Al e matéria orgânica), denominada *acidez potencial*. As duas fases estão em equilíbrio. Uma parte do Al³⁺ pode ser deslocada por outros cátions, sendo por isso chamada de *acidez trocável*. A análise do solo nos indica inicialmente o pH, que é um índice da acidez ativa. A recomendação de calcário, entretanto, deve levar em conta a acidez potencial do solo.

A correção da acidez do solo tem efeitos diretos e indiretos sobre as plantas, alterando características do solo, como a neutralização do Al e do Mn que podem ser tóxicos para as plantas, a elevação das concentrações de Cálcio e Magnésio, a elevação do pH o aumento na disponibilidade de uma série de elementos. (Tabela 20).

Tabela 20. Influência do pH na disponibilidade de nutrientes

pH solo	
4-5	Teores altos de Al e Mn Fe, Cu, Zn
5-6	Teor menor de Al, Mn Fe, Cu e Zn Aumenta teor P, K, Ca Mg, N, S, B, Mo e Cl
>6	Teor de Fe, Mn, Cu e Zn fica muito baixo

Efeitos indiretos dizem respeito ao aumento do sistema radicular das plantas em função da melhoria da fertilidade e do aumento do Cálcio, maior produtividade em função da maior disponibilidade de nutrientes, melhoria nas características físicas e biológicas do solo.

Para a cana-de-açúcar a calagem tem possibilitado uma maior longevidade do canavial (em geral um corte a mais que o que seria possível sem a calagem).

11. Como determinar a quantidade de calcário para elevar o pH do solo

Existem vários métodos para determinar a quantidade de calcário a ser adicionada ao solo. No Estado de São Paulo utiliza-se mais comumente o método da saturação de bases (Catani e Gallo 1955; Raij et al. 1979; Quaggio et al. 1983). Para o cálculo, segundo este método, são necessários determinar em laboratório os cátions Ca, Mg, K, Na e a acidez potencial H+Al. A unidade deve ser cmolc.dm⁻³. Para o cálculo da necessidade de calagem dada em t/ha de calcário (NC), utiliza-se a fórmula:

$$NC = (V2 - V1) \cdot CTC / 100$$

Onde:

V2 é a saturação de bases desejada. No caso da cana-de-açúcar é suficiente V2 = 60%

V1 é a saturação de bases encontrada no solo

CTC é a capacidade de troca de cátions obtida pela soma de Ca, Mg, K, Na, H+Al

Não esquecer que nem sempre o calcário tem poder de neutralização de 100%. O índice PRNT (poder relativo de neutralização total) relata a reatividade do material, que é dada pelo poder de neutralização do calcário dada pela forma química dos neutralizantes (teor de CaCO_3 , MgCO_3 , CaO e MgO), além de sua granulometria.

Quanto mais alto o PRNT maior é sua reatividade, ou seja, mais rapidamente ocorrerá a correção da acidez do solo. Entretanto, a utilização de um calcário com PRNT mais baixo, poderá indicar que haverá um poder residual de neutralização da acidez que ocorrerá mais lentamente, isso pode ser vantajoso para a cana-de-açúcar.

Na fórmula da NC devemos então corrigir a quantidade de calcário a ser aplicada através da seguinte relação:

$$NC = 100/PRNT$$

A aplicação do calcário deve ser uniforme em toda a extensão do terreno, de modo que haja grande contato entre as partículas do solo. Deve ser incorporado o mais profundo possível e com antecedência de pelo menos 2 meses do plantio.

Se o solo for originalmente muito ácido, deve-se monitorar a acidez das soqueiras através de análise do solo e possivelmente aplicar calcário antes dos tratamentos culturais.

12. A fosfatagem

Após a correção e o preparo de solo, se o teor de P do solo for muito baixo ($P < 10$ mg/dm³, extraído em resina), recomenda-se a fosfatagem, que é a aplicação de fertilizantes fosfatados em área total. Geralmente utiliza-se fosfatos naturais na base de 150kg/ha de P_2O_5 , incorporado ao solo. Fosfatos solúveis, como o superfosfato simples, também podem ser utilizados em dosagem correspondente a 100 kg/ha de P_2O_5 e podem ser aplicados na superfície. Outra opção é o uso de torta de filtro, em quantidades que dependem do teor do elemento na torta. Este material aplicado em área total, deverá ser incorporado. Glória, N. (comunicação pessoal), recomenda que o cálculo seja feito segundo a fórmula:

$$\text{Torta filtro (t/ha)} = 11 / \% \text{P}_2\text{O}_5 \text{ na torta de filtro úmida}$$

13. A gessagem

A aplicação de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ao solo visa aplicar cálcio e enxofre e também melhorar o ambiente solo em subsuperfície. Ocorre que o gesso é uma fonte mais solúvel que o calcário, porém não promove a neutralização da acidez do solo. Tanto o cálcio como o sulfato ao se dissociarem na solução do solo, formam complexos químicos com outros cátions e ânions. A formação de complexos químicos com o Alumínio torna-o menos disponível para as plantas.

Para a cana-de-açúcar que extrai grandes quantidades de cálcio, o gesso pode ser uma importante fonte de fornecimento desse nutriente, principalmente nas soqueiras, quando a calagem não foi suficiente para fornecer esse elemento ao longo dos anos. A aplicação do gesso deve ser em área total, sempre antes do cultivo. A Tabela 21 indica as quantidades de gesso a serem aplicadas ao solo de acordo com a análise do solo para os teores de Ca e Al, segundo a recomendação do Boletim 100 do IAC. Outras recomendações levam em conta além do aumento na saturação em bases em camadas de subsuperfície, também a CTC, a exemplo da recomendação de Demattê (1986), facilmente encontrada no encarte técnico preparado por Vitti, G.C. para a Potafós. As maiores doses recomendadas para solos com CTC >60 mmolc /dm³ na camada de 20-40cm de profundidade, não ultrapassam 3,5t/ha.

É importante destacar que a aplicação de gesso deve ser feita juntamente com a aplicação de calcário. Nunca deve substituí-lo.

Tabela 21. Quantidades de gesso a aplicar para a cultura da cana-de-açúcar.

(25-50cm) mmol _c /100dm ³	Gesso t/ha
Ca<4 e Al% < 30	1
Ca<4 e Al% > 30	1,5

14. Quando e como aplicar os fertilizantes

Durante o plantio da cana, a aplicação de fertilizantes é feita no sulco ou em pré plantio no caso de fosfatagem e aplicação de corretivos. Aplicações em cobertura não são comuns por

apresentarem dificuldades operacionais e econômicas. De qualquer forma, coberturas com K_2O podem ser indicadas principalmente para cana plantada de 18 meses e quando as doses recomendadas são muito altas ($>100\text{kg/ha}$ de K_2O).

Nas soqueiras a adubação é feita através da tríplice operação, principalmente para canaviais que foram despalhados a fogo. Aliás, a presença da palhada nos canaviais com cana crua, adiciona nutrientes que podem modificar as recomendações de adubação.

15. Adubos Mistos e formulações

A composição química dos fertilizantes e as matérias primas utilizadas para a sua síntese estão apresentados nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22. Composição das principais matérias primas de fertilizantes (nitrogenados, fosfatados e potássio) (Fonte: Slack, 1976).

Material	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Cl	Cu	Mn	Zn	B
	-----%										
NITROGENADOS											
Amônia anidra	82	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Aquamônia	16-25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitrato de amônia	33,5	--	--	--	--	--	--	--	--	0,01	--
Nitrocálcio ¹	20,5 – 27	--	--	5 – 7,3	4,4	0,4	0,4	--	--	--	--
Sulfato de amônia	21	--	--	0,3	--	23,7	0,5	0,3	--	0,1	--
Sulfo nitrato de amônia	26	--	--	--	--	15,1	--	--	--	--	--
Cianamida cálcica	21	--	--	38,5	0,06	0,3	0,2	0,2	0,04	--	--
Nitrato de cálcio	15	--	0,2	19,4	1,5	0,02	0,2	--	--	--	--
Soluções nitrogenadas	21-49	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Nitrato de sódio	16	--	--	0,1	0,5	0,07	0,4	0,07	--	--	0,01
Uréia	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Uréia formaldeideo	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
FOSFATADOS											
Escórias básicas	--	8-12	--	29	3,4	0,3	--	--	2,2	--	--
Farinha de ossos	2-4,5	22-28	0,2	20- 25	0,4	0,1	0,2	--	--	0,02	--
Ácido fosfórico		52-60	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Rocha fosfatada		30-36 ²	--	38,2	0,2	0,3	0,1	--	0,03	--	--
Superfosfato simples		18-20	0,2	20,4	0,2	11,9	0,3	--	--	0,01	--
Superfosfato triplo		42-50	0,4	13,6	0,3	1,4	--	0,01	0,01	--	0,01
Ácido supérfosfórico		69-76	--	--	--	--	--	--	--	--	--
POTÁSSIO											
Cloreto de potássio	--	--	60-62	0,1	0,1	--	47	--	--	--	0,03
Sulfato duplo de K e Mg	--	--	22	--	11,2	22,7	1,5	--	--	--	--
Sulfato de potássio	--	--	50	0,7	1,2	17,6	2,1	0,001	--	--	0,002

¹ Nitrato de cálcio e amônia.

² Quantidade considerada relativamente indisponível nos solos.

Tabela 23. Composição das principais matérias primas de fertilizantes multinutrientes)
(Fonte: Slack, 1976).

Material	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Cl	Cu	Mn	Zn	B
	-----%-----										
MULTINUTRIENTES											
Superfosfato amoniado	3,6	18-20	--	17,2	--	12	---	--	--	--	--
Nitrofosfato de amônio	27	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sulfonitrato de amônio	13-16	20-39	0,2	0,3	0,1	15,4	0,1	0,02	0,2	0,02	0,03
Di-amônio-fosfatado	16-21	48-53	--	--	--	--	--	--	--	--	---
Mono-amônio-fosfato	11	48	0,2	1,1	0,3	2,2	0,1	0,02	0,03	0,03	0,02
Nitrofosfato	14-22	10-22	--	8-10	0,1	0,2-3,6	1-12	0,02	0,2	0,02	0,03
Nitrato de sódio e potássio	15	--	14	--	--	--	0,5	--	--	--	0,13
Nitrato de potássio	13	--	14	0,6	0,4	0,2	1,1	--	--	--	0,1
Escórias de alto-forno	--	--	0,6	29,3	3,8	1,4	--	--	1,02	0,001	0,01
Dolomita	--	--	--	21,5	11,4	0,3	--	0,001	0,11	--	0,01
Gesso	--	--	0,5	22,5	0,4	16,8	0,3	--	--	---	--
Calcário	--	--	0,3	31,7	3,4	0,1	--	0,0004	--	0,05	0,003
Solução sulfocalcica	--	--	--	6,7	--	23,8	--	--	--	--	--
Sulfato de magnésio	--	--	--	2,2	10,5	14	0,4	--	--	--	--
Enxofre	--	--	--	--	--	30-99,6	--	--	--	--	--

16. O monocultivo da cana e a fertilidade dos solos

É comum encontrar na literatura citações como a que a cana-de-açúcar degrada a fertilidade dos solos. No Brasil a cana vem sendo cultivada nos mesmos locais por muitos anos sem queda considerável na produtividade. É verdade que o preparo do solo induz a maior atividade microbiana e conseqüente queda no teor de matéria orgânica, porém este fato ocorre na agricultura em geral. No caso da cana, aportes de matéria orgânica como palhada e resíduos como a vinhaça, a torta, entre outros, tem acrescentado matéria orgânica aos solos, possivelmente minimizando esse problema. Os fertilizantes também induzem a maior produção de massa vegetal como um todo, e não apenas de colmos industrializáveis,

o que gera mais raízes e colmos subterrâneos além de mais folhas e mais palha. A manutenção da fertilidade dos solos inclui sempre que necessário, a aplicação de corretivos da acidez, que elevam a saturação em bases. No caso da cana, é importante lembrar que a profundidade dos solos até 50 cm devem ser consideradas para a melhoria da fertilidade, uma vez que o sistema radicular da cana explora grandes volumes. O trabalho de Correa et al. (2001) que comparou a fertilidade de um solo de mata adjacente ao solo cultivado há mais de 30 anos com cana-de-açúcar, cita que o manejo da correção e adubação do solo cultivado com cana-de-açúcar proporcionou aumentos de pH, fósforo, cálcio e magnésio e na saturação em bases (V%), enquanto que houve redução nos teores de matéria orgânica, CTC, Al trocável e saturação em alumínio (m%). A adubação e a correção do solo ao longo dos 30 anos de cultivo da cana, não degradou o solo, ao contrário, melhorou sua fertilidade.

O assunto monocultivo de cana e degradação do solo vem sendo estudado em vários países. Nas Ilhas Maurício, Ng Cheong et al. (2005), verificaram as mudanças nos atributos químicos e físicos do solo ocasionados pelo cultivo da cana-de-açúcar em locais cultivados há mais de 50 anos, mais de 25 anos, menos de 10 anos e menos de 2 anos. Observaram que as principais mudanças ocorreram nos primeiros 15cm do solo. Algumas propriedades como infiltração da água, macroporosidade e pH, foram melhoradas, outras como matéria orgânica e nitrogênio total tiveram seu conteúdo diminuído.

Nas Ilhas Fiji, Morrison et. al. (2005), também verificaram as alterações ocorridas em um oxissol após 25 anos de cultivo com cana, onde as propriedades dos solos vem sendo monitoradas anualmente desde o primeiro cultivo. As principais modificações são conseqüências do decréscimo da matéria orgânica e da CTC e também do aumento da compactação. Os autores consideram que esses fatores são responsáveis pelo declínio da produtividade ao longo dos anos e recomendam que grande atenção seja dada à reposição de bases para a manutenção da fertilidade dos solos, ou seja, trazendo para as nossas condições, monitorar a acidez e a saturação em bases no solo, não apenas na camada superficial, parece ser uma boa receita.

Na África do Sul e na Austrália, também tem sido observado um declínio na produtividade da cana ao longo dos anos. Na análise dos pesquisadores da África do Sul, o monocultivo da cana tem sido responsável por patamares menores de produtividade nas últimas décadas (Meyer & Van Antwerpen, 2001). Os pesquisadores australianos também culpam o monocultivo, e para o estudo desse problema, existe o enfoque de desenvolver um sistema de produção de cana rentável que vise a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental, assim, possuem como um dos pontos principais para quebrar o monocultivo,

plantios de leguminosas. Ainda, no caso da Austrália outros fatores foram identificados, tais como: grandes plantios de uma mesma variedade susceptível à presença de um patógeno da raiz, *Pachymetra chaunorhiza*, que obrigou os pesquisadores a identificar variedades de cana resistentes a essa praga; perda das propriedades físicas dos solos, os quais estão utilizando o cultivo mínimo visando reduzir as operações e tráfego de máquinas no canavial com a finalidade de prevenir à compactação. Deste modo, os resultados embora sejam considerados pelos autores como animadores, não são conclusivos quanto ao manejo ideal para impedir o declínio na produtividade (Garside et al. 2001). Para o caso da África do Sul, Meyer & Van Antwerpen (2001), concluem que uma maneira prática para manter e aumentar a matéria orgânica (fertilidade do solo) durante o cultivo da cana é colhê-la sem queima prévia e manter a palhada sobre o solo, constatação que aqui no Brasil, já havíamos percebido.

17. A matéria orgânica e o potencial de reciclagem de nutrientes

A matéria orgânica do solo é composta por restos vegetais e animais em decomposição ou já decompostos. Ela fornece praticamente todos os nutrientes necessários para o crescimento das plantas e no solo exerce funções importantes como melhorar as condições biológicas e físicas (diminui compactação, aumenta a retenção de água, reduz problemas de erosão). Além disso, a matéria orgânica têm compostos que apresentam cargas elétricas negativas. Essas cargas atraem os nutrientes catiônicos, como Ca, Mg e K, evitando perdas por lixiviação no perfil do solo e posteriormente fornecendo esses nutrientes para as plantas.

Além de gerar grande quantidade de matéria vegetal representada pela parte aérea, a cana-de-açúcar também produz grande quantidade de matéria vegetal que permanece no solo, estimada em 0,8t /ha de matéria seca de raízes. As folhas velhas, os ponteiros e se não houver a queima, a palhada, geram cerca de 25 milhões de toneladas de matéria seca. A torta de filtro e a vinhaça também adicionam matéria orgânica e nutrientes. A torta de filtro é aplicada com base no seu teor de P e em geral é aplicada no sulco de plantio. Existe uma grande vantagem para os plantios de inverno quando se utiliza a torta de filtro no sulco. Sua umidade (cerca de 70%) garante uma melhor brotação. Também sua decomposição gera calor que pode auxiliar a brotação no inverno.

A vinhaça é aplicada com base no seu fornecimento de K.

Todo esse material residual do plantio da cana retornando ao solo representa uma importante reciclagem de nutrientes. A Tabela 24 apresenta as estimativas potenciais de reciclagem de nutrientes considerando apenas os resíduos palhada, torta e vinhaça, e considerando que toda a área de produção, estimada em 5 milhões de hectares não fossem queimados. Nessa tabela estão estimadas as quantidades de nutrientes economizadas em termos de N-P₂O₅-K₂O e que podem potencialmente ser adicionadas pelos resíduos.

A cadeia de produção do açúcar e do álcool tem um diferencial muito grande frente a outras culturas representado pelo grande potencial de reciclagem de nutrientes e economia de fertilizantes. Com relação à Tabela 24, devemos salientar que o N e P estão em moléculas orgânicas e não são prontamente disponíveis para a cultura, como os fertilizantes minerais solúveis.

Tabela 24. Nutrientes reciclados anualmente pela agroindústria sucroalcooleira.

Resíduos	Nutrientes			Volume de Resíduos	Nutrientes retornados (t/ano)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	- % no resíduo seco -						
Torta de filtro *	1,4	1,94	0,39	2 milhões t torta seca/ano	28.000	38.800	7.800
Palha **	0,46	0,11	0,57	25 milhões t palha seca/ano	115.000	27.500	142.500
	---- g/m ³ vinhaça----						
Vinhaça***	375	60	2035	200 bilhões L/ano	75.000	12.000	407.000
Total					218.000	78.300	557.300

*Supondo: área de produção no Brasil de 5 milhões de hectares e 400 milhões de toneladas de cana, sendo 200 milhões utilizadas para produção de açúcar que geraria 35kg torta por tonelada de cana moída; torta com 70% de umidade

** geração de 5 t/ha de palhada seca, considerando toda a área de cana do Brasil, como não queimada.

*** produção de álcool de 16 bilhões de L; geração de vinhaça de 13L/ L de álcool produzido;

Adubos orgânicos podem ser utilizados em cana-de-açúcar, mas é importante verificar sua economicidade.

As principais fontes de adubos orgânicos encontram-se na Tabela 25. Essas fontes têm composição variável.

Tabela 25. Composição de diversos adubos orgânicos.

Tipo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Umidade
	----- % -----			
Esterco bovino	3,1	1,8	2,1	65,3
Esterco eqüino	1,8	1,0	1,4	70,5
Esterco ovinos	2,8	1,7	2,0	65,4
Esterco suínos	3,2	2,4	2,7	78,0
Esterco de galinha	4,0	4,7	2,0	55,3
Bagaço de cana-de-açúcar	1,1	0,2	0,9	--
Torta de mamona	5,4	1,9	1,5	--
Torta de filtro	1,2	2,2	0,5	72
Composto de lixo urbano	3,4	1,2	0,3	--
Vinhaça de mosto misto	0,5	0,2	3,1	--

18. Fixação biológica de N em cana-de-açúcar

A descoberta de microrganismos fixadores de N em cana-de-açúcar foi um mérito dos pesquisadores brasileiros liderados pela vitoriosa Dra. Johanna Dobreiner, há mais de 40 anos atrás. Porém, até hoje, o mecanismo que envolve a fixação, a sua eficiência, e os fatores que interferem, não foram ainda totalmente desvendados. Sabe-se que existem várias espécies de microrganismos fixadores de N que vivem em associação com a cana-de-açúcar. Sabe-se também que existem diferenças entre as variedades de cana e a resposta as essas associações. Os pesquisadores brasileiros foram também vitoriosos em isolar e classificar as bactérias fixadoras encontradas na cana de açúcar, como *Acetobacter diazotrophicus* hoje re-classificada como *Gluconacetobacter diazotrophicus* que se encontra em qualquer órgão da planta, restos de colheita e no solo (Boddey et al. 1995). O *Gluconacetobacter diazotrophicus* também produz hormônios de crescimento como o ácido indol acético (AIA) e possui atividade antagonista a alguns patógenos do solo, segundo vários autores citados por Perin et al. (2004).

O gênero *Herbaspirillum* composto por bactérias diazotróficas associadas às raízes de gramíneas, possui uma espécie fixadora de N encontrada na cana-de-açúcar, chamada de *Herbaspirillum seropedicae*, que também foi isolada por pesquisadores brasileiros. Esta bactéria ocorre naturalmente em raízes, colmos e folhas de diversas espécies de plantas, predominantemente membros da família das gramíneas. Deste mesmo gênero pertence a *H. rubrisubalbicans* que promove uma doença em cana conhecida como estria mosqueada (BALDANI et al. 1996). Olivares (1997) monitorou o número de bactérias *H. seropedicae* e *H. rubrisubalbicans* no interior de raízes e da parte aérea de plantas de cana-de-açúcar e verificou que, após a inoculação, a população de bactérias no interior das raízes permaneceu praticamente constante, estabilizando-se em torno de 10^4 células.g⁻¹ de raízes, enquanto que na parte aérea flutuações maiores foram observadas. Acúmulos significativos de matéria fresca da parte aérea foram obtidos aos 24 dias após a inoculação com *H. seropedicae* estirpes Z67 e HRC54 comparadas ao controle e a testemunha nitrogenada. Ainda na tese de Olivares (1997) foram observados dados de ecologia da associação que sugeriram a existência de uma interação do tipo endofítica entre *Herbaspirillum* e a cana-de-açúcar e outras gramíneas. *Herbaspirillum* infectou às raízes de cana-de-açúcar nas zonas de emergência de raízes laterais e regiões de ruptura de células da epiderme. A colonização do interior das raízes ocorreu pela multiplicação das bactérias nos espaços intercelulares das células do córtex, com algumas células do parênquima colonizadas intracelularmente. A colonização do interior do córtex foi seguida pela infecção do cilindro central, que ocorreu principalmente próxima as regiões de emissão de raízes laterais. No tecido vascular, *Herbaspirillum* colonizou os meatos celulares e o interior das células de parênquima vascular, invadindo os vasos do xilema e provavelmente translocando-se para a parte aérea via corrente transpiratória, permanecendo em associação íntima com a parede celular do elemento do xilema ou colonizando células do parênquima cortical. A aplicação da técnica de imuno-ouro, utilizando anticorpos policlonais contra *Herbaspirillum* spp. confirmaram a identidade das bactérias observadas ao microscópio.

Estas e outras bactérias fixadoras também têm sido encontradas em canaviais na Austrália e na América Central, mostrando sua grande afinidade pela cultura da cana. Alguns trabalhos da equipe da Dra. Johanna estimaram que a cana poderia conter mais que 50% do N acumulado proveniente da fixação biológica. Apesar das estimativas, não existe certeza se a associação entre as bactérias fixadoras de N e a cana promove maior produtividade. Ou mesmo que inoculações com as bactérias possam aumentar a eficiência do processo.

Oliveira et al. (2003), estudou a inoculação com uma mistura de cinco espécies de bactérias diazotróficas endofíticas em duas variedades micropropagadas de cana-de-açúcar conduzida em diferentes solos. Verificou que as maiores contribuições da FBN foram observadas no Planossolo, chegando a 31,3% no primeiro corte da variedade SP70-1143, e 42,7% no segundo corte da variedade SP81-3250. Além disso, a contribuição significativa da fixação biológica de N (FBN) esteve associada a aumentos significativos na produtividade apenas para a variedade SP81-3250.

Na Índia foi relatada a eficiência de inoculação de azospirillum e azotobacter em cana-de-açúcar, porém apenas o aumento de produtividade foi analisado, não havendo resultados da eficiência da fixação, nem do aumento de N na planta, nem do aumento do número de microrganismos, ficando os resultados apenas como indicativos da diferença entre a testemunha não inoculada e do tratamento inoculado (cerca de 20%), de que pode ter ocorrido FBN (Shankariah & Hunsigi, 2001)

Polidoro et al. (2001) realizaram um levantamento da contribuição da FBN para a cultura da cana-de-açúcar, coletando folhas de cana e de plantas testemunhas (não fixadoras) em diversos estados brasileiros. (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Pernambuco). Utilizando a técnica isotópica da abundância natural através da análise de δ^{15} N, estimaram que a contribuição da FBN para a nutrição nitrogenada da cana-de-açúcar variou de 0 a 60%, com média de 32%. Esta variação pode estar relacionada com a variedade da cana-de-açúcar e, principalmente com as condições da fertilidade do solo. Neste estudo, a mesma variedade, a SP 80-1842 (cana planta) teve mais que 50% de seu nitrogênio proveniente da fixação quando cultivada numa região do estado de São Paulo, mas, não foi identificado N proveniente da fixação nesta mesma variedade, também em cana planta, na área de coleta em Minas Gerais, indicando que o manejo cultural, como adubação nitrogenada, irrigação além da variedade cultivada, podem afetar de forma expressiva o processo de FBN na cana.

Apesar de ser a melhor metodologia para a avaliação da FBN em cana, existem várias limitações na técnica do δ^{15} N, principalmente em relação à escolha da planta testemunha (não fixadora). Como não podemos ter cana-de-açúcar não fixadora como testemunha, são utilizadas para quantificar a FBN, plantas testemunhas muito diferentes da cana-de-açúcar, tais como: sorgo, repolho e diversas espécies de plantas daninhas. Mesmo

quando as bactérias fixadoras são encontradas na cana-de-açúcar, podemos não verificar a presença de N proveniente da fixação biológica no tecido vegetal da cana. O trabalho de Biggs et al. (2000), utilizou essa técnica em 8 locais da Austrália. Verificaram que nas condições estudadas, em 7 locais, a FBN não contribuiu para a nutrição nitrogenada da cana planta (valores de $\delta^{15}N$ iguais ou maiores que os encontrados na testemunha). Em apenas um local a técnica teria indicado que havia ocorrido fixação de N, porém os autores temem que alguma situação específica desse solo, possa ter favorecido a resposta nesse local, e preferem acreditar que os resultados obtidos nos 7 outros locais, que não indicam a fixação biológica de N, devem ser os verdadeiros.

Diferenças entre as variedades de cana-de-açúcar e o potencial de fixação de nitrogênio foram estudadas por Coelho et al. (2003), que verificaram que a FBN ocorreu em todos os os genótipos comerciais de cana-de-açúcar avaliados: RB 73-9735, SP 79-2313, RB 72-454, RB 75-8540, RB 83-5089, RB 82-5336, SP 70-1143, e também nos acessos silvestres: Krakatau (*S. spontaneum*) e Chunnee (*S. barberi*). As maiores contribuições da FBN foram observadas nas variedades RB 73-9735, RB 75-8540, RB 83-5089 e SP 79-2312, podendo ser resultado do sucesso dos programas de melhoramento genético realizados em solos de baixa fertilidade natural, como é o caso do estado do Rio de Janeiro.

No estudo de Polidoro et al. (2001) as variedades comerciais de cana-de-açúcar RB 72454 e SP 801842 apresentaram elevado potencial para a FBN.

A influência de fertilizações nitrogenadas na FBN na cana-de-açúcar também é um assunto que ainda necessita maiores esclarecimentos. Altas aplicações de fertilizantes nitrogenados já foram sugeridas como responsáveis pela diminuição do número populacional de *G. diazotrophicus* em variedades de cana-de-açúcar cultivadas no México (FUENTES-RAMÍREZ et al., 1999) e no Brasil (REIS Jr. et al., 2000). Já a bactéria *Herbaspirillum* spp. foi considerada mais resistente a doses maiores de nitrogênio (MUTHUKUMARASAMY et al., 1999).

O molibdênio é entre os micronutrientes, aquele que se relaciona diretamente à FBN por fazer parte das enzimas que atuam no processo da nutrição nitrogenada. No experimento fatorial de N x Mo realizado em solo de baixa fertilidade natural em Campos dos Goytacazes, RJ, Polidoro (2001) verificou que a contribuição da FBN para as plantas foi de

50% em média nos tratamentos que receberam apenas aplicação de Mo. A aplicação de Mo isoladamente estimulou a população de bactérias diazotróficas associadas às plantas de cana-de-açúcar, *Herbaspirillum* sp., *Azospirillum* spp. e *Gluconacetobacter diazotrophicus* presentes nas raízes das plantas. A aplicação de N-fertilizante apresentou efeito negativo nas populações destas bactérias, principalmente na dose equivalente a 120 kg/ha de N. A eficiência de recuperação do N-fertilizante pelas plantas de cana-de-açúcar foi de 50%, nos tratamentos que receberam a dose equivalente e 60 kg/ha, e não foi significativamente afetada pela aplicação de Mo.

19. Adubação verde

A adubação verde traz muitas vantagens para a proteção do solo e para a manutenção da produtividade. No cultivo da cana-de-açúcar a adubação verde é praticada no verão, nas áreas de reforma. Nesse período a adubação verde evita que o solo fique exposto à chuva e ao sol, e evita operações de controle do mato.

Quando utilizamos adubos verdes da família das leguminosas, através da fixação biológica de N, estamos acrescentando esse elemento ao solo. Algumas espécies utilizadas como adubos verdes têm ainda a propriedade de controlar nematóides fitoparasitos. Alguns adubos verdes têm raiz pivotante e podem auxiliar na descompactação do solo.

De acordo com Donizeti, 2007, no estado de São Paulo, são utilizadas com sucesso Crotalárias (*juncea* e *spectabilis*) e as Mucunas (cinza e preta). A Crotalária *juncea* é a mais utilizada por que apresenta os melhores resultados em produtividade na cana-de-açúcar, o crescimento mais rápido e a maior produção de massa verde dentro dos 3 a 4 meses disponíveis para rotação. A Crotalária *spectabilis* tem sido escolhida nos casos mais graves de infestação de nematóides de galha, porém tem um crescimento inicial lento, produz massa verde/seca menor que as demais espécies. As Mucunas cinza e preta são excelentes produtoras de massa e cobertura de solo, porém é uma espécie que tem sementes duras, ou seja, algumas sementes ficam no solo por tempo indeterminado até germinarem e assim acabam infestando os canaviais, pois tem o hábito trepador, causando sérios inconvenientes, principalmente na colheita mecanizada. A época ideal de semeadura na região sul, sudeste e centro oeste é outubro a novembro e no nordeste entre março e junho, quando iniciam e ocorrem as chuvas. A semeadura pode ser realizada em linha ou a lanço, cujas recomendações de densidade são: Crotalária *juncea* - 25kg/ha em linha e 30kg/ha a lanço, Crotalária *spectabilis* - 15kg/ha em linha e 20kg/ha a lanço,

Mucuna preta/cinza - 60kg/ha em linha e 80kg/ha a lanço. O manejo mais recomendado é aquele que preserva a biomassa o mais integral possível, sem incorporar ao solo, podendo ser realizado pelo rolo-faca ou simplesmente deitado sobre o solo, anterior ou durante a sulcação.

20. Adubação e a agricultura de precisão

Entre as inovações tecnológicas na área de adubação e nutrição, a mais avançada diz respeito à agricultura de precisão. Os computadores de bordo facilitam as operações de direcionamento via satélite, localizando os talhões, mapeando e promovendo a documentação de todas as atividades realizadas pela máquina. Os softwares criam e manipulam dados que serão utilizados na agricultura de precisão, a exemplo de mapas de produtividade, mapas de análises de solos, mapas de identificação de pragas, doenças, entre outros. Esses softwares cruzam as informações geradas criando os mapas de prescrição para aplicações em dosagens diferenciadas, e orientam o piloto automático e o auto trac. O Piloto Automático (AutoTrac) conduz automaticamente a direção do trator, colhedora ou pulverizador, sobre um traçado planejado de maneira muito precisa e sem a interferência do operador. Existem modelos de adubadoras para aplicar taxas variadas de N, P e K. Seguindo os mapas de fertilidade feitos através de análises de solos, o programa de computador calcula as dosagens e o computador aciona os comandos para liberar taxas diferentes de N, de P ou de K. (Figura 5).



Figura 5. Adubadora NPK Uniport, Jacto. Automotriz, com sistema de distribuição do adubo em taxas variadas para N, P e K seguindo mapas de variabilidade, aplicação do adubo por sistema de fluxo de ar, para 9 linhas de cana. Pode fazer aplicações com taxas variáveis seguindo mapas de fertilidade do solo com orientação do GPS (agricultura de precisão) ou adubações convencionais em taxas fixas. Foto: site Jacto, (2007)

21. Produção de alimentos em áreas de reforma

A época de reforma é também uma excelente ocasião para o plantio de grãos. Tem sido comum no estado de São Paulo o cultivo de soja ou amendoim.

A produção desses grãos além de gerar renda ao produtor, pode também representar economia para o preparo de solo da cana e aumentar sua rentabilidade.

As Tabelas 26 e 27 apresentam os custos e os rendimentos da produção de soja e amendoim em áreas de reforma, e a economia que esses plantios representam para os custos de produção da cana, segundo a Coplana, (2006).

Rotação de Culturas: Cana / Alimentos

Dados Econômicos				
	Custo de Produção	Produtividade	Faturamento Bruto	Lucro
	R\$/ha	sacos/ha	R\$/ha	R\$/ha
Soja	950	50	1.250	300
Amendoim	2.200	160	2.880	680

Fonte: Coplana

Rotação de Culturas: Cana / Alimentos

- Nitrogênio fixado pela soja: R\$ 375 / ha
 - Preparo do solo debitado à soja: R\$ 400 / ha
 - Lucro da soja: R\$ 300 / ha
-
- R\$ 1.075 /ha
- Custo total do plantio de cana: R\$ 2.600/ha
(inclui correção e preparo do solo)
 - Redução do custo com soja : R\$ 1.075/ha (41%)
 - Custo final do plantio da cana com soja: R\$ 1.525/ha

• OBS: A infestação de ervas daninhas na cana plantada também é menor, com conseqüente redução nos custos dos tratamentos culturais.

Fonte: Coplana

22. Literatura citada:

- AGUIRRE JR, J.M.; ARRUDA, H.V.; RODRIGUES FILHO, A.J.; A preliminary note on the field experimentation of the Sugar Cane Section, Instituto Agrônômico, São Paulo, Brasil. In *Internacional Society of Sugarcane Technologist*, 6, Louisiana, 1939, p. 672-679.
- ANDREISS, H.J. Macro and micronutrient content of millable Florida sugarcane. **Sugar Journal**, vol. 37, n. 8, p.10-12, 1975
- AYALA, I.A.C.; DELGADO, R.V.; ORTIZ, M.E.L; IGLESIAS, H.P. Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Ed. Publica, La Habana, Cuba, 2002, 127p.
- BALDANI, J. I.; POT, B.; KIRCHHOF, G.; FALSEN, E.;BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; HOSTE, B.; KERSTERS, K.; HARTMANN, A.; GILLIS, M.; DÖBEREINER, J. Emended description of *Herbaspirillum*: inclusion of (*Pseudomonas*) *rubrisubalbicans*, a mild plant pathogen, as *Herbaspirillum rubrisubalbicans* comb.nov.; and classification of a group of clinical isolates (EF group 1) as *Herbaspirillum* species 3. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 14, p. 263-279, 1996.
- BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. Diagnose visual e análise de plantas. In: Dechen et al. Coord. Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e nutrição de plantas. XX. Anais.. Piracicaba, 1992. Ed. Cargill, Campinas, 1992. p. 369-393.
- BIGGS, I.M.; WILSON, J.R.; KEATING, B.A. & CRITCHLEY, C. Does Biological N₂-fixation contribute to nitrogen requirements in Australian sugarcane. In: AUSTR. SUGARCANE TECHN. PROC. vol. 22, p.133-138, 2000.
- BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of δ^{15} N thecnique to estimation of biological nitrogen fixation in grasses and cereals. **Australian Journal of Plant Physiology**, Beltsville, v. 28, p. 889-895, 2001.
- BODDEY, R. URQUIAGA, S.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. **Sugar Journal**, New Orleans, v.58, n.1, p.34-37, 1995.
- COELHO, C.H.M. ; MEDEIROS, A.F.A.; POLIDORO, J.C.; XAVIER,R. P.; RESENDE, A.;QUESADA, D.M.; ALVES, B.J.A.; BODDEY, R. & URQUIAGA, S. Identificação de genótipos de cana-de-açúcar quanto ao potencial de contribuição da fixação biológica de nitrogênio. **Agronomia**, vol. 37, nº 2, p. 37 - 40, 2003.
- COLETI, J.J., CASAGRANDE, J.C., STUPIELLO, J.J., RIBEIRO, L.O.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em argissolos, variedades RB 835486 e SP 81-3250. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 24, n. 5, Piracicaba, maio-junho, 2006.
- COLETI, J.T., CASAGRANDE, J.C.; STUPIELLO, J.J.; RIBEIRO, L.O.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca em argissolos, variedades RB 835486 e SP 81-3250. 8º Congresso Nacional da STAB, p. 316-321. Pernambuco, 2002.
- CORREA, M.C.M.; CONSOLINI, F.& CENTURION, J.F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Maringá, v.23, n.5, p. 1159-1163, 2001.
- CRUZ, R.A.; PUYAOAN, E.B. Preliminary study on the elemental uptake of some sugarcane varieties at Canlubang State. **Sugar News** v. 46, n. 12. p. 465-570, 1970.
- 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.
- DIAS, F.L.F; ROSSETTO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATTO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J.C.M. (coord) Atualização em produção de cana-de-açúcar . Piracicaba, 2006. p. 107-119.

- DONIZETTI, J.A.C. Adubação Verde na Reforma do Canavial. Disponível em:
- DONZELLI, J. L. Uso de fertilizantes na produção de cana-de-açúcar no Brasil In: Macedo, I de C. A energia da cana-de-açúcar. Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. Ed. Berlendis Editores Ltda. UNICA, 2005. cap.9, p. 160-171
- ESPIRONELO, A. Adubação da cana-de-açúcar. Ed. CECOR/CATI, Campinas, CATI – Boletim técnico 118. 31p. 1979.
- FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. La caña de azucar. Barcelona, Blume. 1975. 433p.
- FUENTES-RAMÍREZ, L.E.; JIMÉNEZ-SALGADO, T.; ABARCA-OCAMPO, I.R.; CABALLERO-MELLADO, J. *Acetobacter diazotrophicus*, an indole-acetic acid producing bacterium isolated from sugar cane cultivars in México. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.154, p.145-150, 1993.
- GARCIA, S.S.; ALANIS, L.B.; DIAZ, D.R.; LAGUNES-ESPINOZA, L.del C. Caña de Azucar hacia um manejo sustentable. Colégio de Postgraduados Campus Tabasco, México, 2003. 395p.
- GARSIDE, A. L., BELL, M.J. & MAGAREY, R.C. Monoculture yield decline-fact not fiction. In: Intern. Soc. of sugarcane Technol. 24. Proc. Brisbane, p. 16-21, 2001
- GARSIDE, A.L. & BERTHELSEN, J.E. Management of legume biomass to maximize benefits to the following sugarcane crop. In: Austr. Sugarcane Techn. Proc. 26, cdrom, 2004.
- GOLDEN, L.E. Plant nutrients uptake by sugarcane in Louisiana. **Sugar Journal**, v.22, n. 11, p. 21-22, 1960.
- GOMES, J.F.F. Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-acucar (*Saccharum* spp.). Piracicaba, 2003. 65p. Dissertação (mestrado). ESALQ/USP
http://www.guiabioagri.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=166&Itemid=2, consultado em julho 2007.
- JACTO. Disponível em www.jacto.com.br, acesso em 10/03/2007.
- KORNDORFER, G. H.; VIEIRA, G.G.; MARTINS, J.; MATHIESEN, L. A. Resposta da cana planta a diferentes fontes de P. Copersucar, Bol. Tecn. v. 45, p. 31-37, 1989.
- LANDELL, M. G. A; PRADO, H.; PERECIN, D. VASCONCELLOS, A. C.; ROSSETTO, R.; BIDOIA, M.; SILVA, M.A. Oxisol subsurface chemical related to sugarcane productivity. **Scientia Agricola**. Vol 60, n.1, p. 741-745, 2003.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola, adubos e adubação. Ed. Ceres, São Paulo, 1981.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P. Nutrição e adubação. Cultura e adubação da cana-de-açúcar, Instituto Brasileiro de Potassa, ed. São Paulo, 1964, p. 237-278.
- MEYER, J.H. & VAN ANTWERPEN, R. Soil degradation as a factor in yield decline in the South African sugar industry. In: Intern. Soc. of sugarcane Technol. 24. Proc. Brisbane, p. 8-15, 2001
- MORRISON, R.J.; GAWANDER, J.S. & RAM, A.N. Changes in the properties of a Fijian oxisol over 25 years of sugarcane cultivation. In: Intern. Soc. of sugarcane Technol. 25. Proc. Guatemala, p. 139-146, 2005.
- MUTHUKUMARASAMY, R.; REVATHI, G.; LAKSHMINASIMHAN, C. Influence of nitrogen fertilization on the isolation of *Acetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum* spp. from Indian sugarcane varieties. **Biology and Fertility Soils**, Berlin, v.29, p.157-164, 1999.
- NG CHEONG, L.R.; NG KEE KWONG, K.F.; & AH KOON, P.D. & DU PREEZ, C.C. Soil quality changes caused by sugarcane cultivation in a sub-humid inceptisol of Mauritius. In: Intern. Soc. of sugarcane Technol. 25. Proc. Guatemala, p. 50-53, 2005.
- NUNES Jr., D.; PINTO, R.S.A.; TRENTO F., E.; ELIAS, A.I. Indicadores agrícolas do setor canavieiro, safra 2003/2004. Idea, Ribeirão Preto, 2005, 111p.

- OLIVARES, F.L. Taxonomia, Ecologia e Mecanismos Envolvidos na Infecção e Colonização de Plantas de Cana-de-Açúcar (*Saccharum* sp. híbrido) por Bactérias Diazotróficas Endofíticas do Gênero *Herbaspirillum*. Tese apresentada à UFRRJ, Rio de Janeiro, 1997.
- OLIVEIRA, A.L.M. de; CANUTO, E.L; REIS, V.M; BALDANI, J.I. Response of micropropagated sugarcane varieties to inoculation with endophytic diazotrophic bacteria. **Braz. J. Microbiol.**, São Paulo, v.34, supl 1, nov 2003.
- ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P. ; ZAMBELLO Jr. E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo. Boletim Técnico Planalsucar, Piracicaba, vol. 2, n.1, 128 p. 1980.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; GERALDI, R.N. Adubação potássica em cana-de-açúcar: II – Análise química do solo e diagnose foliar. In: Congresso Nacional da Stab – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. 5º. 1993. Águas de São Pedro. Anais. Águas de São Pedro, 1993, p. 50-54.
- PERIN, L.; BALDANI, J.I. & REIS, V.M. Diversidade de *Gluconacetobacter diazotrophicus* isolada de plantas de cana-de-açúcar cultivadas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.39, n.8, 2004.
- POLIDORO, J. C. O molibdênio na nutrição nitrogenada e na contribuição da fixação biológica de nitrogênio associada à cultura da cana-de-açúcar. Tese apresentada à UFRRJ, 2001.
- POLIDORO, J. C.; RESENDE A. S.; QUESADA, D. M.; XAVIER, R .P.; COELHO, C. H. M.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Levantamento da contribuição da fixação biológica de nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2001. 8p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 144).
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p.
- REIS Jr., F.B.; SILVA, L.G.; REIS, V.M.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas em diferentes genótipos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.985-994, 2000.
- ROSSETTO, R. A cultura da cana-de-açúcar – da degradação à conservação. Visão Agrícola, Piracicaba, v.1, n.1, p. 86-87, 2004.
- RUIZ, F.S. El cultivo de la Caña de Azucar. EUNED, ed., San Jose, 448p. 1975.
- SAMPAIO, S.C. Contribuição para o estudo da adubação dos canaviais paulistas. **Bragantia**, Campinas, 1944. v.4, p. 553-90.
- SAMUELS, G. Foliar diagnosis for sugarcane, Puerto Rico Agricultural Research Publications, 1969.
- SHANKARIAH, C. & HUNSIGI, G. Field response of sugarcane to associative N₂ fixers and P solubilisers. In: INTERN. SOC. OF SUGARCANE TECHNOL. PROC. vol. 24 p. 40-46, 2001.
- SILVA, G.M. de A. Controlar custos para aumentar renda. **Agroanalysis**, FGV, São Paulo, Caderno Especial Única, Junho de 2006, p.16-19
- SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. de ANDRADE & ROSSETTO, R. Cana-de-açúcar. 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 Agrônomo & Fundação IAC, 1996, p. 237-239.
- TASSO JUNIOR, L.C.; MARQUES, M.O. ;CAMIOTTI, F.; SILVA, T. Exportação de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro-

norte do Estado de São Paulo **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 2007,
Piracicaba, (no prelo).