**CALIBRAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA ATRAVÉS DA
ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO, PARA A CULTURA DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

RENATO CHALITA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiróz", da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia, Área de Concentração: Solos e
Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Fevereiro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Chalita, Renato

C436c Calibração da adubação potássica através da
análise química do solo, para cultura de cana-
de-açúcar. Piracicaba, 1991.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Adubação potássica 2. Cana-de-açúcar -
Adubação potássica - Calibração 3. Solo - Quí-
mica - Análise I. Escola Superior de Agricul-
tura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.61

**CALIBRAÇÃO DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA ATRAVÉS DA
ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO, PARA A CULTURA DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

RENATO CHALITA

Aprovada em: 04/04/1991

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Roque Dechen

ESALQ/USP

Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello

ESALQ/USP

Dr. Antonio Pereira Camargo

I.A.C.

Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Orientador

A minha esposa

Maria Angela

e aos meus filhos

Guilherme, Gabriela e Daniela

DEDICO

Aos meus pais

Said e Maria Thereza

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

O Autor expressa seu reconhecimento a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho, e em especial:

- Ao Professor Dr. Antonio Roque Dechen, do Departamento de Química, Setor de Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", pelos ensinamentos, amizade e orientação na elaboração deste trabalho.
- Ao Professor Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello, do Departamento de Química, Setor de Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", pela estima, apoio e revisão crítica dos originais.
- Ao Engenheiro Agrônomo Claudimir Pedro Penatti, pela dedicação e apoio durante a realização deste trabalho.
- À Diretoria da Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo Ltda.-Copersucar, pela oportunidade de aperfeiçoamento concedida e apoio recebido.
- Às Diretorias das Usinas Cooperadas envolvidas pela cooperação no fornecimento das áreas experimentais.

- Aos colegas, Engenheiros e Técnicos, da Seção de Fertilidade e Nutrição da Divisão de Agronomia da Copersucar, pelo incentivo e apoio na condução dos ensaios.
- As Engenheiras Agrônomas Sonia Maria Piedade e Maria Ângela de Cillos Chalita pela orientação e realização das análises estatísticas.
- A Senhorita Eliete Cristina Coletti, pela presteza com que executou a datilografia.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	VIII
SUMMARY.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. O potássio no solo - Forma do elemento e disponibilidade.....	4
2.2. O potássio na planta - Funções do elemento, disponibilidade, influência na sanidade e qualidade da matéria-prima.....	6
2.3. Estudos de calibração de análise do solo e recomendação de adubação.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Solos.....	24
3.2. Variedade.....	28
3.3. Instalação dos ensaios e delineamento estatístico.....	29
3.4. Avaliação dos ensaios.....	30
3.4.1. Folha.....	30
3.4.2. Qualidade da matéria-prima.....	31
3.4.3. Produção de cana.....	31
3.5. Interpretação dos resultados.....	31
3.5.1. Curvas de resposta e produção relativa.....	31

3.5.2. Curva de calibração e classes de fertilidade.....	32
3.5.3. Doses econômicas e recomendação de adubação.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1. Produtividade agrícola.....	36
4.2. Curvas de resposta e produção relativa.....	40
4.3. Curva de calibração e classes de fertilidade.....	43
4.4. Doses econômicas e recomendação de adubação.....	49
4.5. Análise foliar.....	54
4.6. Análise tecnológica.....	56
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	63
6. CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

**CALIBRAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA ATRAVÉS DA
ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO, PARA A CULTURA DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Autor: RENATO CHALITA

Orientador: PROF. DR. ANTONIO ROQUE DECHEN

RESUMO

O elevado custo dos fertilizantes condiciona a recomendação destes, em quantidades necessárias e suficientes para proporcionar o máximo retorno econômico do investimento.

O presente trabalho apresenta os resultados do estudo de calibração de adubação potássica, cujas curvas foram obtidas correlacionando-se o teor de potássio trocável no solo e a produção relativa, encontrada em 22 ensaios de cana planta e 13 em cana soca.

Através de critérios pré-estabelecidos, foram determinadas cinco classes de teores do elemento no solo, sendo definido para cana planta as classes muito baixo (< 32 ppmK), baixo (32-61 ppmK), médio (62-102 ppmK), alto (103-206 ppmK) e muito alto (> 206 ppmK), enquanto que para cana soca as classes de teores foram separadas em

muito baixo (< 25 ppmK), baixo (25-48 ppmK), médio (49-82 ppmK), alto (83-166 ppmK) e muito alto (>166 ppmK).

Em função destas classes e da relação entre o preço do quilograma de K_2O e da tonelada de cana, foi possível estabelecer uma recomendação econômica de adubação potássica, que variou de 0 a 140 kg de K_2O/ha para cana planta, e de 0 a 130 kg de K_2O/ha em cana soca.

POTASSIUM FERTILIZATION CALIBRATION TO THE SUGARCANE CROP THROUGH SOIL CHEMICAL ANALYSIS

Author: RENATO CHALITA

Adviser: PROF. DR. ANTONIO ROQUE DECHEN

SUMMARY

Due to their high cost, fertilizers should be recommended in quantities necessary and sufficient to provide a maximum economic return on investment.

This paper presents results of a calibration study of potassium fertilizers. Calibration curves were obtained correlating exchangeable potassium in the soil with relative yield of sugarcane in 22 trials in plant cane and 13 in first ratoon.

Five classes of potassium level in the soil were defined: very low (< 32 ppm K), low (32-61 ppm K), medium (62-102 ppm K), high (103-206 ppm K) and very high (> 206 ppm K) for plant cane and very low (< 25 ppm K), low (25-48 ppm K), medium (49-82 ppm K), high (83-166 ppm K) and very high (> 166 ppm K) for ratoons. Using these classes and the unit prices of K_2O and cane the recommended economic potassium dose was calculated to be between 0 to

140 kg K_2O /ha for plant cane and between 0 to 130 kg K_2O /ha in ratoon.

1. INTRODUÇÃO

Durante os últimos 20 anos, a cultura da cana-de-açúcar tem exercido fundamental importância no panorama sócio-econômico brasileiro.

A produção açucareira, que é responsável por grande parte das nossas divisas em termos de exportação, gerou na safra 89/90 896 milhões de dólares, com uma produção total de 144.716.000 sacos de açúcar. No terceiro mundo, especificamente nos países latino-americanos, o açúcar constitui-se em um componente de considerável importância, sendo relativamente acessível à dieta destas populações.

Com o problema energético experimentado por quase todos os países em âmbito mundial, a alternativa nacional do álcool combustível em substituição a determinados derivados de petróleo tornou-se uma solução vitoriosa. Dos 11,9 bilhões de litros de álcool produzidos na safra 89/90, cerca de 90% será destinado ao consumo dos veículos, o que representa 30% do petróleo produzido pelo Brasil, constituindo-se assim em importante produto de segurança estratégica para o país.

Ainda na área da energia renovável, a utilização do excedente de produção de bagaço de cana nas indústrias sucro-alcooleiras para geração de energia elétrica, pode contribuir de forma positiva para a complexa matriz energética brasileira. Considerando-se a atual produção nacional de cana de 240 milhões de toneladas por ano, isso significa uma geração total de 24 milhões de MWh/ano, ou seja, mais de 10% do consumo de eletricidade do país.

Não bastasse isso, o cultivo da cana-de-açúcar, proporciona mais de 800 mil empregos diretos e indiretos, justificando-se assim, todo o esforço no desenvolvimento e geração de novas tecnologias que visam o aprimoramento na sua produção e industrialização.

Embora situe-se entre os três maiores produtores mundiais de açúcar, a produtividade agrícola média brasileira de cana permanece baixa, ao redor de 64t de cana/ha, muito aquém da de outros países, como Austrália com 89t de cana/ha, África do Sul com 91t de cana/ha, Egito com 88t de cana/ha e até mesmo o México com 65t de cana/ha. Dentre os inúmeros fatores responsáveis por este baixo índice nacional, destacam-se: a baixa fertilidade dos solos e a nutrição deficiente das plantas.

A pesquisa com adubação de cana-de-açúcar representa uma das áreas de trabalho mais amplamente estudadas. Isto, entretanto, não significa que seja um tema

esgotado, em razão dos resultados conflitantes obtidos por diversos autores e também pelas influências regionais, varietais ou climáticas envolvidas. Curvas de resposta são de fundamental importância em estudos de fertilidade do solo, sendo obtidas de diferentes maneiras, das quais a mais simples assume que a produção de uma cultura varia com o incremento de um nutriente aplicado ao solo. Elas devem ser obtidas experimentalmente, em condições onde outros fatores limitantes são minimizados, principalmente aqueles que podem ser facilmente controlados.

Este trabalho teve como objetivo determinar as classes de fertilidade através de curvas de calibração da adubação potássica para a cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, baseando-se nas análises químicas e texturais dos solos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A adubação é um tema em constante pesquisa na exploração da cana-de-açúcar, porém as interpretações proporcionadas pelos autores tem dificultado chegar-se a resultados conclusivos, mesmo através de amplas revisões bibliográficas.

Para melhor avaliar as interações do nutriente potássio no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar e em especial no estabelecimento de níveis de adubação, torna-se importante o conhecimento de conceitos gerais relacionados ao binômio solo-planta.

2.1. O potássio no solo - Forma do elemento e disponibilidade

MIELNICZUK (1978) e DIEST (1978) afirmam que o potássio é encontrado no solo na forma iônica K^+ , em solução e como cátion trocável. Além disso, participa da estrutura de micas e minerais de argila do tipo 2:1, que são encontrados em solos menos intemperizados, nos quais é

possível a persistência deste e outros minerais atuando como fonte de reserva. Em solos contendo vermiculita, illita, montmorilonita e micas intemperizadas pode ocorrer a fixação do potássio, a qual consiste no aprisionamento do elemento entre as camadas estruturais destes minerais de argila.

RAIJ (1981) descreve de forma sucinta o comportamento do potássio no solo até a sua absorção pela planta:

$K \text{ não trocável} \rightleftharpoons K \text{ trocável} \rightleftharpoons K \text{ em solução} \rightarrow K \text{ na planta}$

O potássio total existente no solo é proveniente do desgaste por intemperização de minerais de argila como micas, feldspatos e argilas micáceas. Para BORKERT et alii (1978), o potássio moderadamente disponível é o que se encontra fixado dentro das lâminas dos minerais de argila, sendo que sua passagem para a forma trocável dá-se de forma lenta na maioria dos solos. A forma trocável é a que se encontra adsorvida à superfície dos minerais de argila e se encontra em equilíbrio mais ou menos rápido com o potássio da solução do solo. Considera-se "disponível" para a planta, o potássio trocável que passa para a solução do solo e o da solução do solo.

O mesmo autor considera entre 80 a 200 ppm como a faixa de teores de K "disponível" na maioria dos

solos do Estado do Paraná. Entretanto, a intensificação do sistema de exploração dos solos de algumas regiões e a baixa adubação de algumas lavouras têm reduzido os teores do elemento no solo, influenciando no rendimento das plantas. Para os solos do Rio Grande do Sul, MIELNICZUK (1978) apresentou valores de vários autores, sendo que o potássio trocável variou de 43 a 340 mg/kg de terra e o potássio total de 1.224 a 12.000 mg/kg de terra. CATANI (1955) determinou teores trocáveis de potássio variando entre 27 e 223mg/kg de terra em 25 amostras superficiais de solos do Estado de São Paulo. Para as mesmas amostras, os teores totais variaram de 281 a 14.076mg/kg de terra.

RIZZO & ORLANDO FILHO (1980) e KOFFLER & DONZELLI (1987) citaram que dos solos cultivados com cana os principais são Latossolo Roxo (47%), Latossolo Vermelho Amarelo textura média (13%) e Latossolo Vermelho Escuro orto (9%). Nos últimos anos, com a implantação de dezenas de destilarias de álcool na região oeste do Estado de São Paulo, tem aumentado a importância dos solos Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico textura média e o Latossolo Vermelho Escuro textura média, predominante nessa região.

2.2. O potássio na planta - Funções do elemento, disponibilidade, influência na sanidade e qualidade da matéria-prima

A maior parte do potássio entra em contato com a raiz pelo processo de difusão, sendo absorvido e praticamente permanecendo todo como K^+ , que é móvel dentro da planta. Segundo RAIJ (1981), o potássio possui alguma semelhança com o fósforo, que também depende significativamente da difusão para chegar às raízes. Contudo, sais de potássio apresentam em geral alta solubilidade e os teores de K^+ na solução do solo podem também atingir concentrações bastante elevadas, permitindo à este elemento uma mobilidade maior, quando relacionada ao fósforo, ocasionando movimentação na forma de sais e lixiviação através do solo.

Para EPSTEIN (1975), o principal papel do potássio na planta é o de ativador enzimático. Na cana-de-açúcar, HARTT (1934) observou que o potássio é fundamental para assegurar a estrutura celular principalmente para a assimilação de carbono, bem como a síntese e translocação de proteínas. HUMBERT (1963) indicou que a deficiência de potássio afetava negativamente a fotossíntese da cana-de-açúcar, enquanto HARTT (1970) e ALEXANDER (1973) mostraram que não só a fotossíntese, mas também o transporte de carboidratos eram influenciados.

Segundo CLEMENTS (1959), o potássio serve para manter o protoplasma em dispersão e a estrutura celular, atuando também na assimilação de carbono e na translocação de proteínas.

Para ALVAREZ (1975) existe uma correlação positiva entre o teor de potássio e a turgescência da planta, sendo que HUMBERT (1963) observou que plantas com deficiência de potássio perdem a turgidez foliar, tornando-se assim mais susceptíveis aos ventos.

MALAVOLTA (1967) cita o papel do potássio como estimulante de vegetação e perfilhamento em gramíneas. BARNES (1964) descreve que plantas adequadamente supridas em potássio apresentam maior resistência à doenças. Da mesma forma, ALVAREZ (1975) atribui à deficiência de potássio em algumas socas, o surgimento da doença "raquitismo das soqueiras". DILLEWIJN (1952), afirma que devido ao potássio aumentar a espessura da cutícula, plantas de cana-de-açúcar bem nutridas podem apresentar maior resistência à mancha ocular, causada por *Helminthosporium sacchari*.

Estudos diversos realizados em vários países produtores de cana-de-açúcar mostram que a influência do potássio na qualidade da matéria-prima está relacionada à resposta de produtividade da mesma.

SAMUELS & LANDRAU JÚNIOR. (1954) encontraram, em Porto Rico, para a cana-de-açúcar, uma relação linear direta entre o percentual de aumento na produtividade e o percentual de aumento no teor de sacarose sendo que ambos foram influenciados pela aplicação de potássio. Aparentemente, aumentos no teor de sacarose

acompanham aumentos na tonelagem da cana. Da mesma forma, INNES & CHINLOY (1952), na Jamaica, verificaram que a influência do potássio sobre a qualidade da matéria-prima é maior quando a produtividade é elevada ao máximo. HODNETT (1956), após reunir os resultados disponíveis de experimentos de adubação conduzidos desde 1930 em territórios britânicos, constatou que à semelhança do que ocorre com o nitrogênio, também os efeitos do potássio na qualidade da cana estão associados à amplitude de respostas à produtividade, sendo mais pronunciados com maiores respostas.

CHWAN-CHAU (1976), após conduzir durante 12 anos em Taiwan, ensaios em cinco diferentes tipos de solos, não encontrou influência da dose de potássio no acúmulo de sacarose da cana, concordando porém, que a relação N/K pode apresentar efeito sobre a sacarose % cana.

Para as condições da Jamaica, Innes¹, citado por SILVA (1983), encontrou melhoria na qualidade industrial da cana, pelo maior acúmulo de sacarose devido à adubação potássica, concluindo que qualquer resposta à aplicação de potássio resulta numa diminuição na concentração de nitrogênio dos tecidos e que a melhoria de qualidade da matéria-prima está relacionada à essa redução.

¹INNES, R.F. The nitrogen, phosphorus and potassium requirements of sugarcane. Journal of the Science Food and Agriculture, 11:229-309, 1960.

No Estado de São Paulo, SILVA et alii (1977) e ORLANDO FILHO et alii (1977) não encontraram qualquer efeito do potássio na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, exceto para o teor de cinzas no caldo, que aumentou com a aplicação do potássio. ZAMBELLO JÚNIOR et alii (1977) praticamente ratificaram estes resultados trabalhando com três variedades de cana-de-açúcar.

DILLEWIJN (1952) apresentou vasta revisão sobre absorção e remoção de nutrientes, citando que para a cultura da cana-de-açúcar, o primeiro trabalho estudando a absorção de nutrientes em função da idade da planta foi realizado em Java por Kobus em 1898. O efeito do solo na composição química dos colmos da cana-de-açúcar é amplamente reconhecido. Honig¹, citado por DILLEWIJN (1952), aponta que, em média a concentração de um nutriente na planta será tanto menor quanto mais deficiente o solo se apresentar no elemento em questão. SILVEIRA (1980) mostra que a deficiência de potássio altera a estratégia de alocação da matéria seca, induzindo grande redução dos colmos, seguido das raízes e, em menor extensão das folhas.

Na Louisiana, GOLDEN (1960) desenvolveu trabalho para determinar a extração e remoção de N, P e K das diversas variedades de cana-de-açúcar. Especificamente para o potássio, encontrou valores de 0,91 - 1,55 kg/t de

¹HONIG, P. Principios de tecnologia azucarera. México, Continental, 1969. 3V.

para o potássio, encontrou valores de 0,91 - 1,55 kg/t de colmos e de 2,43 - 3,01 kg/t da parte aérea.

Na realidade, os teores de potássio por tonelada de colmos são bastante variáveis, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Teor de potássio por tonelada de colmos.

Autores	kg de K/t de colmos
CATANI et alii (1959)	1,09
BARNES (1964)	1,13
GEUS (1967)	3,72
KILMER et alii (1968)	0,40 - 2,5
STEWART (1969)	0,27 - 2,7
FAUCONIER & BASSERAU (1975)	1,22
ANDREIS (1975)	1,49

ORLANDO FILHO et alii (1980), trabalhando em três solos do Estado de São Paulo, encontraram valores médios de 0,64 kg K/t de colmos aos 16 meses de idade para cana-planta e 0,71 kg K/t de colmos para a cana-soca com 12 meses de idade.

SAMUELS (1969) apresentou vasta revisão sobre diagnose foliar em cana-de-açúcar e seus fatores interferentes, mostrando as limitações e vantagens nas aplicações da referida técnica. Independentemente do tipo de solo e da época, HAAG et alii (1987), relatam que as folhas sempre extraíram maiores quantidades de potássio que os colmos. Os "colmos + folhas" extraíram grandes quantidades do elemento, porém a maior parte contida nas folhas deverá retornar ao solo após a colheita.

CAPÓ et alii (1955) em Porto Rico, apresentaram os resultados obtidos em oito anos de experimentação, com ensaios de adubação NPK fatorial incompleto, onde realizaram a diagnose foliar. Embora tenham estudado 13 variedades em 10 grupos de solos concluíram que, mesmo existindo diferenças na composição foliar para os nutrientes, entre as variedades no mesmo tipo de solo ou entre a mesma variedade quando cultivada em condições de solo e clima diferentes, do ponto de vista prático, os valores foliares padrão de $N = 1,68\%$, $P = 0,18\%$ e $K = 1,71\%$ poderiam ser utilizados para todas as variedades.

HALAIS (1960) em Mauritius, indicou as faixas de teores adequados de nutrientes, baseados na 3ª folha para as variedades B37172 e Ebène 1137, variando de $N = 1,74 - 1,94\%$; $P = 0,17 - 0,23\%$ e $K = 1,08 - 1,38\%$.

No Brasil, GALLO (1968) efetuou um levantamento do estado nutricional de canaviais do Estado de São Paulo através da análise foliar utilizando as variedades CB41-76 e Co419, cultivadas em diversos grandes grupos de solos. As amostras consistiam-se de folhas +3 coletadas aos 4 e 9 meses, analisando-se os 20 centímetros centrais, deprezando-se a nervura principal. Observa-se na Tabela 2, que houve diferenças significativas nas concentrações dos nutrientes nas folhas, podendo ser atribuídas aos fatores variedade, idade e tipo de solo.

Tabela 2 - Teores percentuais de N, P, K, Ca e Mg nas folhas das variedades Co419 e CB41-76.

Elemento	Variedade	
	Co419	CB41-76
N	1,86	1,77
P	0,16	0,15
K	1,26	1,46
Ca	0,50	0,56
Mg	0,27	0,17

Fonte: GALLO et alii (1968).

MALAVOLTA et alii (1974), utilizando folhas +3 e +4 entre 4 e 6 meses de idade, sugerem como concentrações adequadas: N = 2,0 - 2,5%; P = 0,18 - 0,20%; K = 1,0 - 1,25% e Ca = 0,75 - 1,0%.

ORLANDO FILHO & HAAG (1976) mostraram o efeito varietal na diagnose foliar para diversos nutrientes na folha +3 de cana-planta cultivada em Latossolo Roxo. Destaca-se que para o potássio, a variação dos teores em 16 variedades foi de 0,65% à 1,52%. Posteriormente, ORLANDO FILHO et alii (1977) encontraram resultados semelhantes para o efeito de variedades na diagnose foliar em cana-soca.

ORLANDO FILHO & HAAG (1976) e ORLANDO FILHO et alii (1977) também verificaram que o solo interfere significativamente nos teores foliares dos nutrientes, assim como o estágio da cultura, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Teores percentuais de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de cana-planta (CP) e cana-soca (CS), em diferentes tipos de solo.

Solo ¹	Ciclo	Nutriente				
		N	P	K	Ca	Mg
LR	CP	2,04	0,21	1,24	1,10	0,23
	CS	1,78	0,19	1,06	0,50	0,20
LE	CP	2,19	0,18	1,39	0,97	0,18
	CS	1,88	0,17	1,22	0,53	0,20
TE	CP	1,99	0,18	1,36	0,67	0,16
	CS	1,68	0,17	1,56	0,53	0,20
PVls	CP	2,01	0,26	1,45	1,08	0,08
	CS	1,99	0,24	1,43	0,50	0,11

¹LR - Terra Roxa

LE - Latossolo Vermelho Escuro

TE - Terra Roxa Estruturada

PVls - Podzólico Vermelho Amarelo variação laras

Fonte: ORLANDO FILHO J. & HAAG, H.P. (1976)

2.3. Estudos de calibração de análise do solo e recomendação de adubação

O termo calibrar é empregado para designar o estabelecimento de classes de teores de um elemento no

solo, com base em correlações com respostas à adubação. A análise química do solo constitui importante instrumento para avaliar as necessidades de adubação em cana-de-açúcar.

MALAVOLTA (1967) alerta que a análise química do solo não apresenta maior interesse se não for correlacionada com padrões de fertilidade, exceto quando revelar teores extremamente baixos ou elevados.

Para RAIJ (1981) a interpretação dos resultados da análise química do solo para fins de recomendação de fertilizantes deve ser fundamentada em estudos de calibração, posição igualmente compactuada por ORLANDO FILHO et alii (1981).

Segundo GRIMM (1972) a calibração de métodos de análise química de solo é realizada utilizando-se experimentação de campo, onde busca-se determinar a curva de resposta da cultura ao nutriente, a qual é obtida a partir de experimentos com níveis crescentes do nutriente.

O conceito de produção relativa é de grande interesse nos estudos de calibração dos resultados de análise química de solo. Também chamada de percentagem de suficiência ou rendimento relativo, este conceito foi desenvolvido por BAULE (1970) e preconiza que a produção final é o resultado da ação dos fatores envolvidos e não a resultante de um fator mínimo, como seria o caso se a lei do mínimo, desenvolvida por Liebig, fosse aplicada.

A forma mais simplificada para a obtenção da produção relativa consiste em se relacionar a produção de uma cultura na ausência de adição de um determinado nutriente estudado, com sua produção na presença de adição deste nutriente, ou seja:

$$\text{Produção relativa} = \frac{\text{Produção sem adição do nutriente}}{\text{Produção com adição do nutriente}}$$

Neste caso não devem haver outros fatores limitantes, a fim de que somente a resposta ao nutriente em questão seja avaliada.

No caso de existirem curvas de resposta, a produção relativa deve ser determinada com base nas produções mínimas e máximas calculadas pela equação ajustada aos resultados experimentais.

Um outro conceito bastante utilizado em estudos de calibração refere-se ao nível crítico, que do ponto de vista teórico serve de limite entre solos que necessitam adubação e aqueles que possuem um bom índice de fertilidade em relação ao nutriente considerado, conforme relata GRIMM & FOLE (1972).

O conceito de nível crítico foi difundido no país através do trabalho de CATE & NELSON (1965). Todavia, outros métodos para determinação do nível crítico são descritos por GRIMM (1972).

GEUS (1967), estudando fertilização em regiões tropicais e subtropicais, descreve que os níveis críticos de potássio trocável nos solos de diversos países produtores de cana-de-açúcar são bastante variáveis: 66 a 75 ppm em Trinidad, 78 ppm na Austrália, 100 ppm no Havaí e de 125 ppm para Barbados.

Na África do Sul, STEWART (1969), trabalhando especificamente com potássio em cana-de-açúcar, determinou o teor crítico no solo como sendo de 125 ppm, observando ainda que em outros países o mesmo varia de 65 a 100 ppm.

Posteriormente, ORLANDO FILHO & ZAMBELLO JÚNIOR. (1980), relatam que o nível crítico de potássio nos solos canavieiros da África do Sul é de 112 ppm, sendo que as quantidades de K_2O aplicadas por hectare variam de 0 a 270 kg. Para o Havaí, o referido nível encontra-se em 140 ppm. Na Austrália, ainda segundo estes autores, a Consolidated Fertilizers, empresa responsável pela comercialização de 90% dos fertilizantes para cana-de-açúcar, sugere a aplicação de 100 kg K_2O/ha , quando o teor de potássio no solo se situar entre 50 e 100 ppm, e 120 kg K_2O/ha quando o citado valor for menor que 50 ppm.

No Estado de São Paulo, ALVAREZ et alii (1963), em 18 ensaios de adubação potássica de cana-planta, obtiveram respostas significativas em 17 deles. Em termos médio, houve um aumento na produtividade agrícola (t

cana/ha) de 14% e 23% para uma adubação com 80 e 160 kg K_2O /ha, respectivamente.

Utilizando ensaios fatoriais em cana-planta, MALAVOLTA et alii (1963) observaram reação positiva do potássio em 45% dos 34 experimentos desenvolvidos.

MARINHO et alii (1975) verificaram aumentos significativos na produtividade em 43% dos 44 ensaios de campo de adubação potássica em Alagoas.

CATANI & JACINTHO (1974) recomendam para as condições do Estado de São Paulo, a adubação potássica para a cana-de-açúcar com base na análise química do solo, sem no entanto apresentarem curvas de calibração.

Provavelmente tenha sido de RAIJ (1974) o primeiro trabalho de calibração de potássio trocável do solo no Brasil. Estudando as culturas de feijão, algodão e cana-de-açúcar, determinou-se nesta última o nível crítico de 82 ppm de K. ORLANDO FILHO et alii (1981) estudaram calibração de potássio do solo, encontrando o nível crítico de 91 ppm de K. Posteriormente, RODELLA et alii (1981) apresentaram uma segunda aproximação utilizando maior número de dados experimentais, sugerindo o nível crítico de 80 ppm no solo, para uma produção relativa de cana de 90%.

ORLANDO FILHO & RODELLA (1983) formularam uma recomendação de adubação potássica para cana-planta, em função das classes de fertilidade e da relação w/t (preço t

cana/preço kg K_2O) para a Região Centro-Sul do Brasil (Tabela 4).

Tabela 4 - Recomendação de adubação potássica (em kg K_2O/ha), em função das classes de fertilidade e da relação preço t cana/preço kg K_2O (w/t).

w/t	Classes de Fertilidade				
	muito baixa	baixa	média	alta	muito alta
	<40ppmK	40-80ppmK	80-130ppmK	130-260ppmK	>260ppmK
	(kg K_2O/ha)				
20	170	140	90	60	0-50
25	190	160	100	70	0-50
30	200	170	110	80	0-50

Fonte: ORLANDO FILHO & RODELLA (1983).

Para os estados canavieiros do Nordeste do País, ORLANDO FILHO & RODELLA (1983) recomendam as quantidades de potássio para cana-planta e cana-soca, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5 - Recomendação de adubação potássica para cana-planta e cana-soca na Região Nordeste do Brasil, com base na análise química do solo.

ppm de K no solo	cana-planta	cana-soca
	----- kg K ₂ O/ha -----	-----
0-40	140	140
41-80	100	100
81-160	60	100

Fonte: ORLANDO FILHO & RODELLA (1983).

ESPIRONELO (1985) e a Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo Ltda.-COPERSUCAR (1988), trabalhando com a cultura da cana-de-açúcar, formularam tabelas de adubação para cana-planta e soca, com base na análise química do solo, sem entretanto apresentarem as curvas de calibração (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 - Recomendação de adubação potássica para cana-planta.

K trocável - meq / 100 cm ³	kg K ₂ O / ha
0 - 0,07	140
0,08 - 0,15	120
0,16 - 0,30	100
> 0,30	80

Fontes: ESPIRONELO (1985) e COPERSUCAR (1988)

Tabela 7 - Recomendação de adubação potássica para cana
soca.

K trocável - meq / 100 cm ³	kg K ₂ O / ha
0 - 0,15	120
0,16 - 0,30	100
> 0,30	80

Fontes: ESPIRONELO (1985) e COPERSUCAR (1988)

Embora as recomendações apresentem valores idênticos, os autores divergem quanto ao manejo do adubo. Em cana-planta, para teores de potássio abaixo de 0,16 meq/100 cm³, ESPIRONELO (1985) sugere que 40 kg/ha do total recomendado sejam aplicados em cobertura, aproximadamente 3 meses após o plantio. A COPERSUCAR (1988) não recomenda o fracionamento da adubação potássica, e em solos com teores superior a 0,60 meqK/100 cm³, ela deve ser suprimida, permanecendo porém um monitoramento periódico das soqueiras através da análise química do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As áreas experimentais selecionadas representam as principais Regiões produtoras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo e Paraná.

As Tabelas 8 e 9 resumem as características gerais destas áreas experimentais.

Tabela 8 - Características gerais das áreas experimentais cultivadas com cana-planta.

Área	Município	Usina	Fazenda	Solo ⁴	Variedade	Data	
						Plantio	Colheita
01	Sertãozinho (SP)	Bela Vista	Barra	LE	SP71-6163	27/02/87	25/10/88
02	Guariba (SP)	Bonfim	Lagoa	LV	SP71-6163	02/04/86	30/07/87
X 03	Ariranha (SP)	Catanduva	Sta Júlia	PV	SP71-6163	27/03/87	14/10/88
04	Ariranha (SP)	Catanduva	Tamburi	LV	SP71-6163	12/03/86	09/06/87
05	Jacarezinho (PR)	Jacarezinho	B.Jardim	LE	SP71-6163	08/05/86	10/09/87
06	Jacarezinho (PR)	Jacarezinho	Santana	LV	SP71-6163	06/05/86	19/11/87
07	Pontal (SP)	N.S. Ap. BC	Machado	LR	SP71-6163	10/03/86	31/07/87
08	Pontal (SP)	N.S. Ap. BC	Jequitibá	LR	SP71-6163	26/02/87	23/09/88
X 09	Itapira (SP)	N.S. Ap. VO	Ig. Clarinha	PV	SP71-6163	08/04/87	12/08/88
10	Itapira (SP)	N.S. Ap. VO	Sta Angelina	LV	SP71-1406	10/04/86	29/09/87

Área	Município	Usina	Fazenda	Solo ¹	Variedade	Data	
						Plantio	Colheita
x11	Porto Feliz (SP)	Porto Feliz	Angelier	PV	SP71-6163	13/03/86	30/06/87
12	Rafard (SP)	Rafard	Itapeva	TE	SP71-6163	03/03/86	11/06/87
13	Jaboticabal (SP)	Sta Adélia	Jerry	LV	SP71-6163	19/01/87	16/06/88
14	Maringá (PR)	Sta Terezinha	Bandeirantes	LR	SP70-1078	28/04/86	25/08/87
15	Sertãozinho (SP)	S.Francisco AB	São José	LR	SP71-6163	26/02/86	17/09/87
16	Mococa (SP)	S.Alexandre	S.Filomena	LV	SP71-6163	29/04/87	17/08/88
17	Sertãozinho (SP)	S.Geraldo	Baleotti	LE	SP71-1406	13/03/86	11/09/87
18	Pirassununga (SP)	São Luiz AA	São Luiz	LE	SP71-6163	26/03/87	09/09/88
19	Ourinhos (SP)	São Luiz SA	Capatos	LV	SP71-6163	26/03/86	07/07/87
20	Ourinhos (SP)	São Luiz SA	Harmonia	TE	SP71-6163	10/04/86	30/06/87
21	Ourinhos (SP)	São Luiz SA	T.Velho	LR	SP71-6163	11/04/86	17/07/87
22	Araraquara (SP)	Zanin	Montana	LV	SP71-6163	21/03/86	11/11/87

¹TE - Terra Roxa Estruturada

LV - Latossolo Vermelho Amarelo

LR - Latossolo Roxo

PV - Podzólico Vermelho Amarelo

LE - Latossolo Vermelho Escuro

Tabela 9 - Características gerais das áreas experimentais cultivadas com cana-soca.

Área	Município	Usina	Fazenda	Solo ²	Variedade	Data	
						1 ^a Corte	Colheita
01	Guariba (SP)	Bonfim	Lagoa	LV	SP71-6163	30/07/87	27/05/88
02	Ariranha (SP)	Catanduva	Tamburi	LV	SP71-6163	09/06/87	31/05/88
03	Jacarezinho (SP)	Jacarezinho	Santana	LV	SP71-6163	19/11/87	08/10/88
04	Pontal (SP)	N.S. Ap. BC	Machado	LR	SP71-6163	31/07/87	12/10/88
05	Itapira (SP)	N.S. Ap. VO	Sta Angelina	LV	SP71-1406	29/09/87	08/09/88
06	Rafard (SP)	Rafard	Itapeva	TE	SP71-6163	11/06/87	08/07/88
07	Jaboticabal (SP)	Sta Adélia	Jerry	LV	SP71-6163	16/06/88	05/06/89
08	Maringá (PR)	Sta Terezinha	Bandeirantes	LR	SP70-1078	25/08/87	09/08/88
09	Maringá (PR)	Sta Terezinha	Sta Lúcia	LV	SP70-1078	29/07/87	18/07/88
10	Sertãozinho (SP)	S.Francisco AB	São José	LR	SP71-6163	17/09/87	09/09/88
11	Macatuba (SP)	São José ZL	Água Limpa	LV	SP71-1406	20/03/87	08/09/89
12	Araraquara (SP)	Zanin	Montana	LR	SP71-6163	11/11/87	11/10/88
13	Araraquara (SP)	Zanin	Palmital	LE	SP71-6163	09/10/87	13/10/88

²TE - Terra Roxa Estruturada

LV - Latossolo Vermelho Amarelo

LR - Latossolo Roxo

PV - Podzólico Vermelho Amarelo

LE - Latossolo Vermelho Escuro

3.1. Solos

A amostragem do solo é a primeira e a mais crítica etapa de todo o processo de análise, apesar da importância relativa que tem cada uma das fases da análise de solo, HAUSER (1973) atribuiu 80 a 85% dos erros na determinação de nutrientes à amostragem de campo, podendo ser os 15 a 20% restantes decorrentes do trabalho em laboratório.

No presente trabalho, padronizou-se as amostragens de solo segundo os seguintes critérios:

-Cana-planta: quatro amostras compostas por área experimental. Cada amostra composta era constituída por quinze amostras simples retiradas criteriosamente, após o solo estar gradeado e pronto para o plantio.

-Cana-soca: quatro amostras compostas por área experimental. Cada amostra composta era constituída por dezoito amostras simples, sendo dezesseis retiradas na entrelinha e duas na linha.

Área	Profund. cm	p.H H ₂ O	M.O %	PO ₄ ---	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ meq/100	H ⁺ cm ³	Al ⁺⁺⁺	S	CTC	V	Areia	Silte	Argila
08	0-25	5,1	3,96	0,22	0,11	1,13	0,29	5,0	0,22	1,5	6,7	22	20	19	61
	25-50	4,6	3,12	0,12	0,10	0,39	0,13	4,4	0,28	0,6	5,3	11	18	19	63
09	0-25	5,6	3,35	0,16	0,13	2,52	0,46	3,2	0,32	3,1	6,6	47	49	20	31
	25-50	5,8	2,63	0,08	0,05	3,04	0,48	3,6	0,10	3,6	7,3	49	47	18	35
10	0-25	4,9	2,23	0,12	0,21	2,16	1,09	3,8	0,85	3,5	8,1	43	29	24	47
	25-50	4,8	1,56	0,03	0,08	0,94	0,47	2,9	1,83	1,5	6,2	24	24	23	53
11	0-25	4,8	1,43	0,04	0,18	0,75	0,25	2,0	0,90	1,2	4,1	29	49	20	31
	25-50	5,1	1,43	0,02	0,06	1,29	0,36	1,8	0,40	1,7	3,9	43	47	18	35
12	0-25	6,0	1,18	0,21	0,30	6,96	1,36	3,1	0,05	8,6	11,7	73	20	10	70
	25-50	6,0	1,09	0,16	0,16	6,01	1,19	2,3	0,05	7,4	9,7	76	15	8	77
13	0-25	5,0	2,64	0,20	0,07	0,71	0,38	3,91	0,45	1,2	5,5	22	64	6	30
	25-50	4,7	2,18	0,06	0,05	0,25	0,12	3,84	0,91	0,4	5,2	8	60	5	35
14	0-25	5,4	2,04	0,26	0,53	3,32	1,70	4,64	0,10	5,6	10,3	54	9	23	68
	25-50	4,9	1,52	0,12	0,28	2,31	1,00	4,49	0,50	3,6	8,6	42	8	21	71
15	0-25	5,6	2,09	0,21	0,22	1,70	0,82	3,37	0,09	2,7	6,2	44	8	27	65
	25-50	5,3	1,71	0,20	0,10	1,40	0,70	2,85	0,08	2,2	5,1	43	6	26	68
16	0-25	5,9	1,78	0,13	0,08	1,71	0,69	1,65	0,06	2,5	4,2	59	80	6	14
	25-50	5,2	1,78	0,12	0,09	0,74	0,29	1,85	0,55	1,1	3,5	31	78	6	16
17	0-25	5,9	1,85	0,18	0,13	1,99	0,66	3,24	0,07	2,8	6,1	46	30	14	56
	25-50	5,5	1,52	0,07	0,05	0,91	0,25	2,97	0,10	1,2	4,3	28	27	13	60
18	0-25	6,1	3,43	0,25	0,53	2,95	0,95	3,50	0,05	4,4	8,0	55	25	15	60
	25-50	5,5	3,12	0,22	0,37	1,94	0,66	4,30	0,12	3,0	7,4	40	25	14	61
19	0-25	4,3	1,47	0,28	0,21	0,45	0,15	4,29	0,99	0,8	6,1	13	79	5	16
	25-50	4,2	1,04	0,08	0,11	0,21	0,10	3,58	1,07	0,4	5,1	8	75	5	20
20	0-25	4,8	1,75	0,14	0,29	2,27	0,80	4,11	0,57	3,4	8,1	42	19	22	59
	25-50	4,4	1,16	0,06	0,10	1,00	0,50	4,02	1,10	1,6	6,7	24	15	18	67
21	0-25	5,2	2,07	0,43	0,18	2,22	0,52	5,93	1,10	2,9	9,9	29	14	20	66
	25-50	4,5	1,10	0,21	0,11	1,12	0,21	4,11	1,00	1,4	6,6	21	11	17	72
22	0-25	5,4	2,78	0,14	0,19	0,70	0,46	3,87	0,58	1,4	5,8	24	67	5	28
	25-50	4,9	2,18	0,07	0,17	0,20	0,13	2,88	0,89	0,5	4,3	12	66	4	30

(1) Dados médios de 4 amostras compostas.

Tabela 11 - Características químicas e texturais dos solos das áreas experimentais para cana-soca. (2)

Área	Profund. cm	p.H H ₂ O	M.O %	PO ₄ ---	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S	CTC	V	Areia	Silte	Argila
----- meq/100 cm ³ -----															
----- % -----															
01	0-25	5,1	1,69	0,09	0,11	0,37	0,18	2,9	0,80	0,7	4,4	16	73	3	24
	25-50	5,0	1,37	0,04	0,07	0,17	0,07	2,7	0,70	0,3	3,7	8	72	3	25
02	0-25	5,0	1,47	0,12	0,08	0,59	0,37	2,7	0,38	1,0	4,1	26	76	5	19
	25-50	4,8	1,07	0,07	0,07	0,22	0,14	2,6	1,00	0,5	4,0	11	71	5	24
03	0-25	5,1	2,36	0,10	0,41	1,65	0,68	3,2	0,46	2,7	6,7	40	68	6	26
	25-50	4,9	1,96	0,06	0,28	0,96	0,38	3,8	1,22	1,6	6,6	24	65	6	29
04	0-25	5,6	3,15	0,16	0,06	1,92	0,67	3,2	0,05	2,7	5,9	45	20	20	60
	25-50	5,5	2,73	0,13	0,04	1,36	0,45	3,2	0,05	1,8	5,2	35	19	19	62
05	0-25	5,0	2,84	0,06	0,11	1,92	0,91	4,8	1,04	2,9	8,8	33	29	24	47
	25-50	4,9	2,14	0,03	0,06	1,10	0,56	4,6	1,60	1,7	7,9	22	24	23	53
06	0-25	5,9	1,15	0,20	0,30	6,02	1,15	2,9	0,05	7,5	10,4	72	20	10	70
	25-50	5,4	1,00	0,16	0,16	5,81	1,10	2,1	0,05	7,1	9,2	77	15	8	77
07	0-25	5,1	2,12	0,09	0,07	0,96	0,58	2,7	0,29	1,6	4,6	35	64	6	30
	25-50	4,7	1,53	0,03	0,04	0,30	0,17	2,9	0,88	0,5	4,3	12	60	5	35
08	0-25	5,5	3,47	0,16	0,21	2,76	1,62	4,0	0,17	4,6	8,7	53	9	23	68
	25-50	5,1	2,89	0,10	0,12	1,97	0,97	4,5	0,61	3,1	8,2	38	8	21	71
09	0-25	5,1	1,47	0,08	0,10	0,70	0,60	2,2	0,13	1,4	3,7	38	84	4	12
	25-50	4,9	1,28	0,13	0,06	0,42	0,40	2,2	0,44	0,9	3,5	26	83	3	14
10	0-25	5,3	3,21	0,17	0,17	1,24	0,66	3,6	0,29	2,2	6,1	36	20	17	63
	25-50	5,3	3,15	0,13	0,06	0,91	0,48	3,1	0,31	1,4	4,9	29	19	19	62
11	0-25	5,1	1,96	0,08	0,07	0,65	0,23	2,4	0,28	1,0	3,7	27	80	4	16
	25-50	4,8	1,77	0,06	0,07	0,47	0,17	2,4	0,48	0,7	3,6	19	79	4	17
12	0-25	5,2	2,67	0,11	0,08	0,75	0,57	3,8	0,50	1,4	5,7	25	67	5	28
	25-50	5,0	2,14	0,05	0,04	0,36	0,29	3,7	0,88	0,7	5,3	13	66	4	30
13	0-25	5,6	2,31	0,26	0,13	2,42	1,02	3,0	0,05	3,6	6,6	55	43	16	41
	25-50	5,6	2,00	0,15	0,06	1,96	0,68	3,1	0,05	2,7	5,8	47	39	15	46

(2) Dados médios de 4 amostras compostas.

3.2. Variedade

A variedade de cana-de-açúcar selecionada para o plantio foi a SP71-6163 e, opcionalmente, a SP70-1078 e SP71-1406, de acordo com a disponibilidade nas Usinas de mudas originárias de viveiros tratados termicamente, o que garante um bom estado fitossanitário. Optou-se por estas variedades devido ao excepcional desempenho agro-industrial e mediana exigência nutricional. A variedade SP71-6163, cultivada em 80% das áreas experimentais, apresenta as seguintes características gerais (COPERSUCAR, 1983): colmo acinzentado no canavial e amarelo arroxeado sob a palha; diâmetro médio a fino em forma de zigue-zague; touceiras eretas quando jovens e inclinadas quando adultas; folhas de largura mediana, sendo que a posição e formas das mesmas são abundantes e arqueadas quando velhas, possuindo boa despalha natural.

O florescimento nesta variedade ocorre esporadicamente, manifestando-se em pequena intensidade, assim como a isoporização. Este aspecto, juntamente com os elevados teores de sacarose durante toda a safra, propiciam um longo período de colheita, além de apresentar excelente capacidade de brotação de soqueira, mesmo quando cortada sob condições adversas para vegetação. É resistente ao mosaico, carvão, mancha amarela, podridão vermelha,

moderadamente suscetível à mancha parda, possui médio teor de fibra e elevado teor de açúcar.

3.3. Instalação dos ensaios e delineamento estatístico

Foram selecionadas 35 áreas experimentais localizadas em 17 Usinas, sendo cultivados 22 ensaios em cana-planta e 13 em cana-soca durante as safras 86/87, 87/88 e 88/89. Os critérios de escolha basearam-se na topografia da área, ausência de plantas daninhas, pragas de solo e formigas cortadeiras, além da representatividade do tipo de solo na região. Antecedendo ao plantio dos ensaios, sempre que necessário, os solos receberam calcário dolomítico, sendo que as dosagens basearam-se na elevação da saturação por bases para 60% (ESPIRONELO, 1985).

Os solos foram preparados e sulcados de forma convencional, utilizando-se o espaçamento entre sulcos de 1,40 metros, sendo os fertilizantes aplicados manualmente. Para cada local, havia dois conjuntos semelhantes de áreas destinados à cana-planta e à cana-soca. Cada conjunto constituía-se de 24 parcelas experimentais com 8 sulcos de 20 metros de comprimento, utilizando-se para a colheita as 6 linhas centrais.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com 6 repetições e 4 tratamentos. Os tratamentos constituíram-se de doses crescentes de

potássio: zero, 60, 120, 180 kg K_2O /ha na forma do cloreto de potássio. As dosagens de nitrogênio e P_2O_5 em cana-planta foram de 25 kg/ha e 125 kg/ha respectivamente, e nas soqueiras 100 kg/ha de nitrogênio. As fontes nitrogenadas e fosfatadas foram respectivamente uréia e superfosfato triplo. A muda de cana utilizada foi selecionada, picando-se toletes com 3 gemas sadias e plantando-se 15 gemas por metro de sulco.

3.4. Avaliação dos ensaios

3.4.1. Folha

Na condução dos ensaios, aproximadamente 8 meses de sua implantação, procedeu-se à amostragem de folhas de cana-de-açúcar visando a análise foliar de nutrientes. Coletou-se 20 folhas +3/tratamento, identificadas como sendo a 3ª a partir da primeira lígula inteiramente visível (ORLANDO FILHO & HAAG, 1976). Utilizou-se, para a análise química, apenas o terço médio da lâmina, sem a nervura central. O material coletado foi seco em estufa à 65°C até peso constante e a seguir passado em moinho para ser então analisado no laboratório da COPERSUCAR para fins de diagnose foliar de K, Ca e Mg, segundo metodologia descrita por SARRUGE & HAAG (1974), sendo os teores expressos em percentagem da matéria seca.

3.4.2. Qualidade da matéria-prima

Antes da queima do canavial, procedeu-se à coleta de 10 canas seguidas no sulco de cada parcela, visando análise tecnológica da matéria-prima nos laboratórios das Usinas. Determinou-se o Brix, Pol e Fibra percentual e calculou-se o açúcar teórico recuperável.

A extração do caldo foi realizada empregando-se o método da prensa hidráulica, cujo processo de análise é descrita por FERNANDES (1986).

3.4.3. Produção de cana

A colheita da área foi realizada com 16 e 12 meses, respectivamente para cana-planta e soca. Foram colhidas as 6 linhas centrais de cada parcela, desprezando-se os ponteiros.

3.5. Interpretação dos resultados

3.5.1. Curvas de resposta e produção relativa

A curva de resposta ou função da produção é representada por uma equação matemática que descreve de que forma um produto (por exemplo a cana-de-açúcar) reage à

aplicação de diferentes doses de um nutriente (potássio). O tipo de equação está diretamente relacionado às respostas encontradas nas áreas experimentais, podendo ser uma função linear, quadrática, exponencial de Mitscherlich ou de Spillman, entre outras.

Posteriormente à obtenção da curva de resposta da função de produção, determinou-se matematicamente as suas médias ajustadas, de tal forma que a produção relativa fosse a resultante da divisão da menor produtividade, normalmente representada pela parcela sem adição do nutriente em estudo, e a maior produtividade média, com os resultados sendo expressos em percentagem (P.R%).

3.5.2. Curva de calibração e classes de fertilidade

A curva de calibração é a resultante da correlação entre o teor do nutriente no solo e a respectiva produção relativa.

Dos vários pontos alocados num gráfico, cada um deles representa o resultado de cada área experimental, sendo que para poder-se traçar a curva final de calibração, basta determinar a função matemática que melhor representa a distribuição dos pontos obtidos.

A determinação das classes de fertilidade é realizada através da curva de calibração. Os critérios de separação dos teores adotados neste estudo são um pouco diferentes dos utilizados anteriormente por RAIJ (1974) para as culturas de algodão, feijão e cana-de-açúcar, sendo semelhantes aos utilizados por RODELLA et alii (1981). As diferenças referem-se à maior rigidez nos critérios adotados por este último autor. As classes de fertilidade foram definidas pelas produções relativas de 0 a 70% para teores "muito baixo", de 70 a 90% para teores "baixo", de 90 a 98% para teores "médio" e acima de 98% para os teores "alto" e "muito alto". Os teores considerados "muito alto" são determinados duplicando-se o valor do teor extremo superior da classe "médio", estando na classe "muito alto" teores localizados acima deste nível.

3.5.3. Doses econômicas e recomendação de adubação

O cálculo da dose econômica de K_2O /ha foi feito usando a relação entre o preço do quilograma de K_2O (t) e o preço da tonelada de cana (w). Empregou-se para tanto o conceito de lucratividade, onde lucro (L) vem a ser a resultante da RECEITA (R) descontada as DESPESAS (D), ou seja:

$$LUCRO = RECEITA - DESPESA$$

Considerando-se que:

$$\text{RECEITA} = (ax^2 + bx + c) \cdot w \quad (1)$$

$$\text{DESPEZA} = x \cdot t \quad (2)$$

tem-se:

$$\text{LUCRO} = (ax^2 + bx + c) \cdot w - x \cdot t \quad (3)$$

Por definição, a dose econômica (x^*) é obtida pela derivada do lucro, ou seja:

$$\frac{dL}{dx} = 0$$

Portanto, a derivada da equação da lucratividade (3) resulta em:

$$\frac{dL}{dx} = (2ax + b) \cdot w - t$$

ou

$$2ax + b = \frac{t}{w} \quad (4)$$

O cálculo da dose econômica é feito aplicando-se a equação 4 em cada área experimental, as quais após separadas nas cinco classes de fertilidade, fornecerão as doses econômicas médias, constituindo assim as bases para a elaboração das recomendações de adubação potássica em cana-planta e soca.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produtividade agrícola

Os estudos de calibração foram realizados com base na experimentação de campo, determinando-se a partir de doses crescentes do elemento potássio, a curva de resposta da cultura.

Embora seja fundamental que, exceto o elemento em estudo, os nutrientes essenciais apresentem teores no solo dentro de níveis considerados ideais ou não limitantes à produção, verifica-se pelas Tabelas 10 e 11, que algumas áreas indicaram teores de cálcio e mesmo magnésio abaixo do ideal (COPERSUCAR, 1988), apesar da aplicação de calcário ter precedido a instalação dos experimentos.

Os resultados de produção agrícola nas 22 áreas experimentais de cana-planta e nas 13 cana-soca foram submetidos à análise estatística completa. As Tabelas 12 e 13 apresentam as produtividades médias de colmos (t/ha) e as equações de regressão que representam o comportamento dos dados expressos pela função de produção.

Tabela 12 - Produtividade agrícola média (t cana/ha) e respectivas equações polinomiais para cana-planta.

Área	kg K ₂ O / ha				Equação de regressão polinomial
	0	60	120	180	
01	119,7 a	127,8 a	138,9 b	128,3 a	$Y = -0,00129x^2 + 0,2945x + 118,4683$
02	105,7 a	111,0 b	115,2 c	115,1 c	$Y = -0,00037x^2 + 0,1215x + 105,5392$
03	108,0 a	121,2 b	126,7 b	124,7 b	$Y = -0,00106x^2 + 0,2843x + 107,9341$
04	53,3 a	61,2 b	62,1 b	61,9 b	$Y = -0,00056x^2 + 0,1461x + 53,6115$
05	84,8 a	90,5 ab	92,4 b	91,5 b	$Y = -0,00046x^2 + 0,1194x + 84,8260$
06	109,6 a	111,4 a	110,4 a	111,5 a	$Y = -0,00083x + 110,0000$
07	133,4 a	144,6 b	150,4 bc	152,6 c	$Y = -0,00062x^2 + 0,2178x + 133,5316$
08	107,4 a	120,2 b	123,3 b	126,8 b	$Y = -0,00065x^2 + 0,2193x + 107,9033$
09	116,6 a	130,5 b	121,8 a	120,1 a	$Y = -0,00108x^2 + 0,1981x + 118,1008$
10	111,7 a	113,8 a	118,5 a	103,0 b	$Y = -0,00123x^2 + 0,1853x + 110,5333$
11	123,9 a	130,8 ab	135,3 b	127,2 ab	$Y = -0,00104x^2 + 0,2108x + 123,4408$
12	150,3 a	160,2 b	153,2 ab	152,0 ab	$Y = -0,00077x^2 + 0,1358x + 151,4358$
13	114,3 a	129,3 b	133,8 bc	138,5 c	$Y = -0,00072x^2 + 0,2575x + 114,8670$
14	94,0 a	94,0 a	93,4 a	94,8 a	$Y = -0,0031x + 93,78$
15	97,4 a	101,9 ab	102,4 b	101,8 ab	$Y = -0,00035x^2 + 0,0861x + 97,5842$
16	102,8 a	115,0 b	118,9 b	122,8 b	$Y = -0,00058x^2 + 0,2102x + 103,2117$
17	116,5 a	128,0 b	132,3 b	129,8 b	$Y = -0,00097x^2 + 0,2482x + 116,5138$
18	144,2 a	146,0 a	147,3 a	147,0 a	$Y = -0,0160x + 144,68$
19	126,2 a	136,2 b	133,6 ab	131,0 ab	$Y = -0,00087x^2 + 0,1772x + 126,8300$
20	137,4 a	144,8 b	140,8 ab	139,0 ab	$Y = -0,00064x^2 + 0,1163x + 138,0800$
21	118,2 a	125,4 ab	127,0 b	126,2 b	$Y = -0,00056x^2 + 0,1427x + 118,3600$
22	105,0 a	111,6 ab	113,4 b	112,4 ab	$Y = -0,00053x^2 + 0,1350x + 105,1000$

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si estatisticamente, ao nível de 10% de probabilidade.

Tabela 13 - Produtividade agrícola média (t cana/ha) e as respectivas equações polinomiais para cana-soca.

Área	kg K ₂ O / ha				Equação de regressão polinomial
	0	60	120	180	
01	83,3 a	92,6 b	96,2 b	95,9 b	$Y = -0,00066x^2 + 0,1885x + 83,3821$
02	84,7 a	92,5 b	96,3 bc	98,6 c	$Y = -0,00039x^2 + 0,1464x + 84,7537$
03	65,8 a	69,1 b	69,3 b	68,8 b	$Y = -0,00026x^2 + 0,0618x + 65,9190$
04	86,2 a	98,3 b	104,8 b	106,6 b	$Y = -0,00071x^2 + 0,2404x + 86,2742$
05	80,8 a	88,1 ab	94,3 b	92,8 b	$Y = -0,00062x^2 + 0,1886x + 80,4725$
06	63,2 a	68,5 b	68,1 ab	67,5 ab	$Y = -0,00041x^2 + 0,0939x + 63,5333$
07	65,2 a	74,1 b	77,4 b	79,5 b	$Y = -0,00048x^2 + 0,1628x + 65,4108$
08	80,6 a	88,2 b	83,4 ab	82,4 ab	$Y = -0,00060x^2 + 0,1087x + 81,4130$
09	58,4 a	65,3 ab	67,2 b	62,7 ab	$Y = -0,00079x^2 + 0,1661x + 58,3360$
10	94,4 a	99,1 ab	103,4 b	101,0 ab	$Y = -0,00048x^2 + 0,1274x + 94,1292$
11	58,5 a	66,5 b	69,0 b	69,2 b	$Y = -0,00054x^2 + 0,1554x + 58,6583$
12	61,5 a	69,7 b	72,3 b	73,3 b	$Y = -0,00049x^2 + 0,1521x + 61,7380$
13	124,8 a	131,9 b	136,2 b	133,4 b	$Y = -0,00068x^2 + 0,1733x + 124,6310$

Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si estatisticamente, ao nível de 10% de probabilidade.

Comparando-se a produtividade das áreas estudadas, nota-se a grande variabilidade existente entre as mesmas, decorrência provável das diferentes características químicas e texturais dos solos utilizados nestes ensaios.

As análises de variância dos resultados de cana-planta mostraram em um número representativo de áreas respostas significativas ao nível de 5% de probabilidade. Já a mesma análise, feita porém com menor rigor estatístico

(10% de probabilidade) confirma a tendência de resposta deste nutriente para a maioria dos solos estudados, exceto para três áreas onde os teores originais de potássio eram elevados.

As análises de regressão indicaram que a distribuição dos dados descreveram uma função de produção quadrática na quase totalidade das áreas experimentais, sendo que nas três exceções anteriormente mencionadas, a regressão linear adaptou-se melhor aos resultados, entretanto ainda a níveis não significativos. Uma análise mais detalhada nestas áreas sugere que os baixos níveis de resposta estejam associados aos altos teores de potássio do solo, superiores a 200 ppm de K^+ . Os níveis de resposta encontrados em cana-planta variaram de 1 a 17%.

Em cana-soca, a análise dos dados de produção de colmos apresentados na Tabela 13 mostraram respostas significativas ao nível de 10% de probabilidade. Da mesma forma que para cana-planta, as análises de regressão polinomial configuraram funções de produção quadráticas, na totalidade das áreas estudadas. Nestes casos, os níveis de resposta à adubação potássica variaram de 5 a 24%.

Os resultados deste trabalho concordam com os obtidos por ALVAREZ et alii (1963), MALAVOLTA et alii (1963) e MARINHO et alii (1975), onde foram encontradas respostas significativas à adubação potássica para a

maioria dos solos estudados, sendo as diferenças mais elevadas nos solos originalmente de baixa fertilidade natural. Nesses estudos utilizou-se adubações potássicas entre 40 e 160 kg K_2O /ha.

4.2. Curvas de resposta e produção relativa

A curva de resposta de cada área experimental é representada pela equação matemática que descreve a forma com que a produção da cana-de-açúcar reage às diferentes doses de potássio adicionadas à cultura.

A análise atenta das Tabelas 12 e 13 mostra que as funções de produção que melhor se adaptaram aos dados foram equações polinomiais quadráticas, tanto para cana-planta como cana-soca.

Após a obtenção das curvas de resposta, determinou-se matematicamente as médias ajustadas que foram utilizadas na elaboração da produção relativa individual de cada área experimental. Por tratar-se de funções quadráticas, a maior produtividade média foi determinada através da derivada da função, que fornece primeiramente a dose de potássio (x), a qual induz a maior produção de colmos. Substituindo-se esta dose (kg/ha) na equação da curva de resposta, obtém-se a produtividade máxima desta área. A produção relativa percentual é a resultante da divisão da menor produtividade, normalmente representada

pelas parcelas sem adição do nutriente, e a maior produtividade média obtida da curva de resposta. Nas três áreas de cana-planta, onde a equação matemática que melhor adaptou-se aos dados foi uma função linear, determinou-se a produção relativa diretamente pela divisão entre a menor e a maior produtividade média encontrada no ensaio.

As Tabelas 14 e 15 mostram as produções relativas percentuais calculadas através das equações de regressão polinomial.

Tabela 14 - Equações polinomiais, produções relativas (PR%), teor original do K dos solos e coeficiente de eficácia (c) do potássio nas áreas estudadas em cana-planta.

Área	Equação de Regressão Polinomial	PR (%)	K (ppm)	c
01	$Y = -0,00129x^2 + 0,2945x + 118,4683$	87,61	50,8	0,01785
02	$Y = -0,000374x^2 + 0,1215x + 105,5392$	91,45	66,5	0,01606
03	$Y = -0,00106x^2 + 0,2843x + 107,9341$	85,03	46,9	0,01758
04	$Y = -0,000564x^2 + 0,14607x + 53,6115$	85,01	39,0	0,02113
05	$Y = -0,000458x^2 + 0,1194x + 84,8260$	91,60	70,4	0,01528
06	$Y = -0,0083x + 110,00$	98,65	273,7	0,0068
07	$Y = -0,000625x^2 + 0,2178x + 133,5316$	87,55	46,9	0,01929
08	$Y = -0,000650x^2 + 0,2194x + 107,9033$	85,37	43,0	0,01941
09	$Y = -0,001085x^2 + 0,1981x + 118,1008$	92,88	50,8	0,02260
10	$Y = -0,001227x^2 + 0,18520x + 110,5333$	94,05	82,1	0,01493

Área	Equação de Regressão Polinomial	PR (%)	K (ppm)	c
11	$Y = -0,001041x^2 + 0,2108x + 123,4408$	92,04	70,4	0,01561
12	$Y = -0,000772x^2 + 0,1359x + 151,4358$	96,21	117,3	0,01212
13	$Y = -0,000717x^2 + 0,2575x + 114,867$	83,25	27,4	0,02833
14	$Y = -0,003x + 93,78$	99,42	207,2	0,01079
15	$Y = -0,000350x^2 + 0,0861x + 97,5842$	94,85	86,0	0,01489
16	$Y = -0,000576x^2 + 0,2102x + 103,2117$	84,34	31,3	0,02580
17	$Y = -0,000968x^2 + 0,2482x + 116,52$	87,99	50,8	0,01812
18	$Y = -0,016x + 144,68$	98,05	207,2	0,0082
19	$Y = -0,000875x^2 + 0,1772x + 126,8300$	93,40	82,1	0,01438
20	$Y = -0,000639x^2 + 0,1163x + 138,0800$	96,31	113,4	0,01264
21	$Y = -0,000555x^2 + 0,1427x + 110,3600$	92,81	70,4	0,01624
22	$Y = -0,000528x^2 + 0,1350x + 105,1000$	92,41	74,3	0,01507

Tabela 15 - Equações polinomiais, produções relativas (PR%), teor de K original dos solos e coeficiente de eficácia (c) do potássio nas áreas estudadas em cana-soca.

Área	Equação de Regressão Polinomial	PR (%)	K (ppm)	c
01	$Y = -0,000664x^2 + 0,18848x + 83,3821$	86,17	43	0,01998
02	$Y = -0,000390x^2 + 0,14637x + 84,7537$	86,06	35,2	0,02432
03	$Y = -0,000257x^2 + 0,06182x + 65,919$	94,66	160,3	0,00793
04	$Y = -0,000709x^2 + 0,2404x + 86,2742$	80,90	23,5	0,03059
05	$Y = -0,000615x^2 + 0,1806x + 80,4725$	85,84	43	0,01974
06	$Y = -0,000407x^2 + 0,0939x + 63,5333$	92,15	117,3	0,00942
07	$Y = -0,000476x^2 + 0,1628x + 65,4108$	82,43	27,4	0,02746
08	$Y = -0,000599x^2 + 0,1087x + 81,4130$	94,28	82,1	0,01515
09	$Y = -0,000786x^2 + 0,1661x + 58,3360$	86,92	39	0,02264
10	$Y = -0,000485x^2 + 0,1274x + 94,1292$	91,83	66,5	0,01636
11	$Y = -0,000544x^2 + 0,1554x + 58,6583$	84,08	27,4	0,02912
12	$Y = -0,000494x^2 + 0,1521x + 61,7380$	84,06	31,3	0,02550
13	$Y = -0,000685x^2 + 0,1733x + 124,6310$	91,90	50,8	0,02150

Observa-se que os valores de produção relativa encontrados neste estudo estão acima de 80% tanto para cana-planta como em cana-soca, superiores portanto aos menores valores encontrados por RAIJ (1974), ORLANDO FILHO et alii (1981) e RODELLA et alii (1981) nas condições do Estado de São Paulo, onde o maior potencial de resposta à adubação potássica das áreas conduzidas pelos autores, proporcionaram produções relativas de até 40%.

4.3. Curva de calibração e classes de fertilidade

A curva de calibração é função das relações entre o teor do nutriente no solo e a respectiva produção relativa, sendo representada pela função matemática que melhor expresse a distribuição dos pontos obtidos.

Os resultados encontrados mostraram que a equação de Mitscherlich modificada por BRAY (1944), utilizada na sua forma logarítmica, foi a que melhor se adaptou às informações nos estágios de cultivo da cana-de-açúcar, conforme pode ser visualizado pelos coeficientes de correlação significativos.

A utilização desta equação como forma matemática para expressar o comportamento dos dados encontrados exigiu porém, a obtenção do coeficiente de eficácia do elemento potássio (c) em cada uma das áreas experimentais, o que foi conseguido substituindo-se na

equação a produção relativa e o teor original de potássio, expresso em ppm, resultando assim no coeficiente pretendido (Tabelas 14 e 15). Os coeficientes de eficácia que representam a equação geral em cana-planta e soca foram obtidos através da média das áreas envolvidas no estudo, conforme sugerido por GOMES (1982), e são próximos dos encontrados por ORLANDO FILHO et alii (1981) e RODELLA et alii (1981). A representação gráfica das curvas de calibração podem ser visualizadas pelas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Curva de calibração de adubação potássica em cana-planta.

Figura 2 - Curva de calibração de adubação potássica em cana-soca.

As classes de fertilidade foram obtida das curvas de calibração. Os critérios de classificação adotados neste trabalho, seccionam as curvas em cinco classes de fertilidade, de acordo com as produções relativas. A determinação dos teores de potássio nas respectivas classes foi conseguida matematicamente, substituindo-se na equação geral os intervalos de produção relativa requerido, ou graficamente, relacionando a produção relativa da ordenada, com o correspondente teor do elemento potássio na abcissa, sendo esta segunda alternativa a que faculta menor precisão.

A composição das classes de fertilidade em cana-planta e soca podem ser observadas nas Tabelas 16 e 17, respectivamente.

Tabela 16 - Classes de fertilidade em função da curva de calibração do potássio do solo e da produção relativa (PR%) em cana-planta.

Classes de teores	Intervalos da PR%	K (ppm)
Muito Baixo	< 70	< 32
Baixo	70 - 90	32 - 61
Médio	91 - 98	62 - 102
Alto	98 - 100	103 - 206
Muito Alto	100	> 206

Tabela 17 - Classes de fertilidade em função da curva de calibração do potássio do solo e da produção relativa (PR%) em cana-soca.

Classes de teores	Intervalos de PR%	K (ppm)
Muito Baixo	< 70	< 25
Baixo	70 - 90	25 - 48
Médio	91 - 98	49 - 82
Alto	98 - 100	83 - 166
Muito Alto	100	> 166

Os níveis críticos, obtidos neste estudo foram de 61 ppm de K para cana-planta e 48 ppm de K para cana-soca. Estes valores são inferiores aos descritos por GEUS (1967) nas condições da Austrália (78 ppm de K), Havaí (100 ppm de K) e Barbados (125 ppm de K), embora próximos aos observados em alguns solos de Trinidad (66 ppm de K). STWART (1969), trabalhando em solos da África do Sul, também determinou elevado nível crítico no solo, próximo de 125 ppm de K. Já ORLANDO FILHO & ZAMBELLO JÚNIOR. (1980) citam 112 ppm de K como sendo o nível crítico médio do país.

Nas condições do Estado de São Paulo, teores críticos superiores aos encontrados neste trabalho foram observados por RAIJ (1974), ORLANDO FILHO et alii (1981) e RODELLA et alii (1981), respectivamente de 82, 91 e 80 ppm de K. Entretanto, das três instituições de pesquisa que trabalham com cana-de-açúcar, apenas o IAA/PLANALSUCAR

(ORLANDO FILHO & RODELLA, 1983) emprega nível crítico acima do observado neste estudo (80 ppmK). Tanto o IAC (ESPIRONELO, 1985) como a COPERSUCAR (1988) adotam como nível crítico 59 ppm de K tanto para cana-planta como para cana-soca, próximo portanto ao observado neste estudo para cana-planta, embora ainda superior ao encontrado nas soqueiras.

Em relação à distribuição das classes de fertilidade encontradas neste trabalho verificou-se que os valores dos intervalos de classes podem ser considerados próximos aos do IAC (ESPIRONELO, 1985) e COPERSUCAR (1988) em cana-planta, embora utilizem apenas quatro classes de fertilidade. O IAA/PLANALSUCAR (ORLANDO FILHO & RODELLA, 1983), empregando cinco classes de fertilidade, apresentam faixas com teores de potássio acima dos observados.

4.4. Doses econômicas e recomendação de adubação

Visando a elaboração das tabelas de recomendação de adubação potássica, tornou-se necessário a determinação das doses econômicas deste nutriente em cada área experimental estudada. Para tanto, o conceito de lucratividade foi empregado na sua forma derivada, onde as doses econômicas são obtidas em função da relação de preços do insumo (kg K_2O) e da matéria-prima (t/cana).

As Tabelas 18 e 19 indicam as doses econômicas individuais das áreas experimentais, para cana-planta e cana-soca respectivamente.

Tabela 18 - Distribuição das áreas com cana-planta nas classes de fertilidade em função dos teores de potássio no solo e das respectivas doses econômicas.

Classes de Fertilidade (ppm de K)	K (ppm)	Dose Econômica (kg K_2O /ha)	Área
MB (< 32)	27,4	144,60	13
B (32 - 61)	31,3	138,98	16
	39,0	110,15	03
	43,0	130,19	08
	46,9	134,31	07
	46,9	85,11	04
	50,8	94,47	01
	50,8	55,13	10
	50,8	102,36	17
M (62 - 102)	66,5	95,62	02
	70,4	75,75	05
	70,4	77,28	11
	70,4	83,40	21
	74,3	80,54	22
	82,1	68,27	09
	82,1	72,67	19
	86,0	51,56	15
A (103 - 206)	113,4	51,91	20
	117,3	55,62	12

Tabela 19 - Distribuição das áreas em cana-soca nas classes de fertilidade em função dos teores de potássio no solo e das respectivas doses econômicas.

Classes de Fertilidade (ppm de K)	K (ppm)	Dose Econômica (kg K ₂ O/ha)	Área
MB (< 25)	23,5	134,20	04
B (25 - 48)	27,4	118,61	07
	27,4	96,91	11
	31,3	103,29	12
	31,3	123,48	02
	39,0	73,84	09
	43,0	104,27	01
M (49 - 82)	43,0	106,31	05
	50,8	90,08	13
	66,5	79,83	10
A (83 - 166)	82,1	49,04	08
	117,3	53,86	06
	160,3	23,00	03

Para a execução destes cálculos, a relação de preços entre o potássio (t) e a cana-de-açúcar (w) foi fixada em 1 para 20, proporção esta que tem-se mantido durante os últimos anos.

Não considerou-se para cana-planta os resultados referentes às áreas 6, 14 e 18, pois estes não apresentaram significância inferior a 10% de probabilidade. Nestes casos, as doses econômicas são inexistentes ou nulas.

A recomendação de adubação potássica final foi definida pelos valores médios encontrados em cada classe de fertilidade (Tabelas 20 e 21).

Tabela 20 - Recomendação de adubação potássica para cana-planta, em função das classes de fertilidade para uma relação w/t = 20.

Classes de Fertilidade (ppm de K)	kg de K ₂ O/ha
MB (< 32)	140
B (32 - 61)	110
M (62 - 102)	80
A (103 - 206)	50
MA (> 206)	0

Tabela 21 - Recomendação de adubação potássica para cana-soca, em função das classes de fertilidade para a relação w/t = 20.

Classes de Fertilidade (ppm de K)	kg de K ₂ O/ha
MB (< 25)	130
B (25 - 48)	100
M (49 - 82)	70
A (83 - 166)	40
MA (> 166)	0

Comparando-se os resultados das duas Tabelas observa-se que, embora apresentem valores distintos nos intervalos de classes de fertilidade, verificou-se pequena variação entre as dosagens recomendadas para cana-planta e soca, sendo as doses máximas estabelecidas em 140 kg de K_2O/ha e 130 kg de K_2O/ha respectivamente, e a partir deste patamar reduzidas a intervalos de 30 kg de K_2O/ha até o limite da classe alta de fertilidade. Não é economicamente recomendável adubar com potássio na classe muito alta em ambos os estágios da cultura.

Os resultados para cana-planta apresentam concordância com os de ESPIRONELO (1985) e COPERSUCAR (1988), onde a máxima dosagem econômica recomendada para a classe de fertilidade muito baixa é de 140 kg de K_2O/ha . ORLANDO FILHO & RODELLA (1983), na região Centro-Sul do país, sugerem até 170 kg de K_2O/ha , considerando-se uma relação w/t igual a 20. Para as demais classes de fertilidade, a redução nas dosagens obedece a intervalos regulares de 20 kg de K_2O/ha .

Em cana-soca as diferenças são acentuadas, iniciando-se pelo número de classes de fertilidade, limitadas a três (baixa, média e alta). ESPIRONELO (1985) e COPERSUCAR (1988) recomendam como dosagem econômica máxima, 120 kg de K_2O/ha , enquanto que para ORLANDO FILHO & RODELLA (1983) até 140 kg de K_2O/ha .

4.5. Análise foliar

As tabelas 22 e 23 mostram os resultados da análise foliar em cana-planta e soca, com os valores expressos em percentagem de matéria seca.

Tabela 22 - Teores percentuais de potássio, cálcio e magnésio na folha^{2a} em diferentes tratamentos na cana-planta.

Área	Potássio				Cálcio				Magnésio			
	0	60	120	180	0	60	120	180	0	60	120	180
	kg K ₂ O/ha				kg K ₂ O/ha				kg K ₂ O/ha			
01	1,16	1,40	1,48	1,58	0,38	0,34	0,33	0,33	0,19	0,16	0,16	0,16
02	1,45	1,51	1,60	1,35	0,41	0,40	0,39	0,38	0,27	0,25	0,24	0,24
03	1,02	1,20	1,28	1,30	0,23	0,22	0,22	0,20	0,20	0,19	0,19	0,18
04	1,35	1,35	1,47	1,44	0,38	0,40	0,36	0,36	0,26	0,27	0,26	0,25
05	0,90	0,98	0,98	1,02	0,33	0,38	0,36	0,37	0,23	0,28	0,25	0,27
06	1,36	1,38	1,36	1,34	0,35	0,34	0,34	0,35	0,20	0,20	0,21	0,21
07	1,11	1,23	1,41	1,41	0,45	0,46	0,44	0,41	0,29	0,25	0,22	0,22
08	1,44	1,52	1,52	1,60	0,27	0,24	0,27	0,27	0,16	0,14	0,15	0,15
09	0,79	0,82	0,87	0,86	0,74	0,73	0,73	0,71	0,26	0,26	0,23	0,23
10	1,44	1,49	1,47	1,53	0,44	0,44	0,46	0,40	0,20	0,20	0,21	0,19
11	0,93	1,22	1,22	1,34	0,52	0,46	0,45	0,41	0,36	0,31	0,31	0,29
12	1,60	1,65	1,71	1,67	0,50	0,50	0,46	0,49	0,17	0,19	0,15	0,16
13	1,28	1,22	1,24	1,30	0,23	0,23	0,22	0,23	0,19	0,20	0,20	0,21
14	0,99	1,09	1,09	1,13	0,53	0,45	0,48	0,47	0,28	0,24	0,25	0,23
15	1,53	1,71	1,77	1,74	0,56	0,35	0,52	0,49	0,30	0,29	0,27	0,25
16	1,00	1,10	1,17	1,22	0,42	0,39	0,37	0,34	0,22	0,20	0,19	0,18
17	1,17	1,35	1,53	1,59	0,46	0,42	0,43	0,39	0,19	0,17	0,16	0,14
18	1,26	1,29	1,31	1,38	0,33	0,33	0,33	0,32	0,22	0,22	0,23	0,21
19	1,50	1,53	1,47	1,56	0,42	0,37	0,40	0,39	0,23	0,23	0,24	0,22
20	1,07	1,23	1,14	1,17	0,90	0,70	0,68	0,58	0,31	0,28	0,30	0,27
21	1,02	1,20	1,23	1,23	0,62	0,60	0,61	0,60	0,27	0,26	0,28	0,25
22	1,14	1,20	1,32	1,32	0,53	0,46	0,46	0,48	0,39	0,35	0,35	0,37

Tabela 23 - Teores percentuais de potássio, cálcio e magnésio na folha^{1a} em diferentes tratamentos na cana-soca.

Área	Potássio				Cálcio				Magnésio			
	0	60	120	180	0	60	120	180	0	60	120	180
	kg K ₂ O/ha				kg K ₂ O/ha				kg K ₂ O/ha			
01	1,10	1,18	1,26	1,36	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13
02	1,46	1,54	1,46	1,42	0,24	0,21	0,21	0,19	0,21	0,19	0,20	0,18
03	0,88	0,88	0,94	0,94	0,38	0,33	0,35	0,36	0,23	0,20	0,19	0,20
04	0,64	0,86	0,96	1,14	0,35	0,29	0,30	0,30	0,24	0,22	0,22	0,22
06	1,03	1,09	1,10	1,13	0,57	0,56	0,55	0,52	0,26	0,24	0,24	0,22
08	1,25	1,27	1,19	1,27	0,37	0,40	0,43	0,37	0,20	0,20	0,20	0,18
09	1,07	1,13	1,21	1,21	0,32	0,30	0,31	0,32	0,22	0,20	0,19	0,18
11	1,11	1,19	1,19	1,25	0,40	0,40	0,39	0,38	0,17	0,17	0,16	0,15
12	0,63	0,64	0,74	0,73	0,24	0,25	0,26	0,27	0,22	0,25	0,25	0,25
13	1,10	0,96	1,04	1,18	0,44	0,43	0,42	0,39	0,31	0,32	0,34	0,32

As análises foliares das áreas 5, 7 e 10 foram perdidas.

Verifica-se uma acentuada variação na grandeza dos dados, tanto em cana-planta como nas soqueiras, principalmente em relação ao nutriente potássio. Esta dispersão encontra apoio nos diferentes teores originais deste elemento nos solos, assim como o efeito das doses de adubo utilizadas para cada tratamento estudado.

Em cana-planta, os valores de potássio encontrados variaram de 0,90 a 1,77%, enquanto nas socas a dispersão esteve entre 0,63 e 1,54%. Estes teores estão próximos aos obtidos por SAMUELS et alii (1955), HALAIS (1960), GALLO et alii (1968), MALAVOLTA et alii (1974) e ORLANDO FILHO & HAAG (1976). Observa-se, porém, que nem

sempre o aumento nos teores de potássio, decorrente da maior assimilação, apresentam correspondência semelhante em relação ao ganho de produtividade. Deste modo, confirma-se a existência de absorção de luxo deste nutriente pela cana-de-açúcar nos dois estágios de cultivo estudados.

Em relação aos nutrientes cálcio e magnésio, verifica-se uma variação acentuada nos teores somente entre as áreas estudadas, fato decorrente dos teores originais no solo. Dentro de uma mesma área porém, a variação foi restrita, havendo tendência de diminuição na absorção de cálcio + magnésio, à medida que o potássio foi mais assimilado pela planta. Neste "antagonismo" na assimilação destes nutrientes pela planta diversos pesquisadores encontram base para discussão, não sendo porém abordados neste estudo por fugir dos objetivos inicialmente propostos.

4.6. Análise tecnológica

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar é definida como uma série de características intrínsecas da própria planta que definem seu potencial como matéria-prima para fabricação do açúcar e/ou de álcool. Os constituintes do caldo, como brix %, pol % e açúcares redutores totais, entre outros, são de grande importância na avaliação da

qualidade do caldo, interferindo assim no rendimento industrial.

As Tabelas 24 e 25 apresentam os principais indicadores da análise tecnológica obtidos nas áreas estudadas.

Tabela 24 - Resultados de pol X cana (S), kg de açúcar/t de cana (ATR) e t de açúcar/ha (TAH) nas áreas de cana-planta cultivadas com doses crescente de potássio.

Área	Tratamento (kg K ₂ O/ha)	S	ATR	TAH
01	0	17,45	199,00	23,8
	60	17,22	197,08	25,2
	120	17,20	194,81	27,1
	180	16,92	191,90	24,6
02	0	17,35	149,23	15,8
	60	17,55	151,45	16,8
	120	17,56	151,70	17,5
	180	17,28	149,02	17,2
03	0	16,63	117,55	12,7
	60	16,56	116,02	14,1
	120	15,32	104,33	13,2
	180	16,62	119,72	14,9
04	0	15,56	172,26	9,2
	60	15,67	174,08	10,6
	120	15,75	175,85	10,9
	180	15,76	176,03	10,9
05	0	17,81	152,32	12,9
	60	17,88	153,98	13,9
	120	17,94	154,06	14,2
	180	17,56	150,82	13,8

Area	Tratamento (kg K ₂ O/ha)	S	ATR	TAH
06	0	17,31	145,82	16,0
	60	16,85	140,98	15,7
	120	17,31	146,10	16,1
	180	17,06	143,72	16,0
07	0	16,03	127,34	17,0
	60	16,28	131,42	19,0
	120	16,09	127,55	19,2
	180	16,06	129,08	19,7
08	0	17,94	147,13	15,8
	60	17,92	146,09	17,6
	120	17,92	146,93	18,1
	180	17,72	145,24	18,4
09	0	16,12	129,17	15,1
	60	16,63	134,99	17,6
	120	16,21	132,51	16,1
	180	16,88	137,86	16,6
10	0	16,85	141,11	15,8
	60	17,35	146,13	16,6
	120	17,61	149,32	17,7
	180	17,06	141,38	14,6
11	0	14,68	157,44	19,5
	60	14,17	148,94	19,5
	120	14,77	158,15	21,4
	180	14,31	158,45	20,2
12	0	14,68	116,92	17,6
	60	14,63	118,41	18,9
	120	14,77	120,15	18,4
	180	14,95	122,13	18,6
13	0	16,95	113,98	13,0
	60	16,78	113,90	14,7
	120	16,33	111,26	14,9
	180	16,59	114,45	15,8
14	0	14,29	118,38	11,1
	60	14,34	118,64	11,2
	120	14,45	120,46	11,3
	180	14,62	121,70	11,5
15	0	17,99	154,40	15,0
	60	18,17	156,82	16,0
	120	18,13	155,99	16,0
	180	18,23	157,00	16,0
16	0	18,22	159,73	16,4
	60	17,50	147,75	17,0
	120	17,97	157,17	18,7
	180	18,25	157,60	19,4

Área	Tratamento (kg K ₂ O/ha)	S	ATR	TAH
17	0	18,90	163,37	19,0
	60	19,03	165,48	21,2
	120	18,93	163,97	21,7
	180	18,86	163,25	21,2
18	0	14,83	162,96	23,5
	60	15,10	167,67	24,5
	120	15,36	171,24	25,2
	180	14,58	161,26	23,7
19	0	14,56	120,90	15,3
	60	14,66	121,12	16,5
	120	15,01	124,50	16,6
	180	14,60	120,82	15,8
20	0	15,05	124,46	17,1
	60	14,93	124,08	18,0
	120	15,12	126,14	17,8
	180	14,96	124,14	17,3
21	0	14,53	119,76	14,2
	60	14,88	124,02	15,6
	120	14,75	122,00	15,5
	180	14,66	120,60	15,2
22	0	17,15	140,71	14,8
	60	17,29	139,64	15,6
	120	16,71	135,91	15,4
	180	17,02	139,04	15,6

Tabela 25 - Resultados de pol % cana (S), kg de açúcar/t de cana (ATR) e t de açúcar/ha (TAH) nas áreas de cana-soca cultivadas com doses crescentes de potássio.

Área	Tratamento (kg K ₂ O/ha)	S	ATR	TAH
01	0	12,22	124,81	10,4
	60	11,77	118,86	11,0
	120	12,82	133,61	12,8
	180	12,64	131,99	12,7
02	0	16,12	129,00	10,9
	60	15,65	125,88	11,6
	120	16,14	129,13	12,4
	180	15,78	126,78	12,5
03	0	14,75	120,61	7,9
	60	15,06	122,32	8,5
	120	14,89	121,15	8,4
	180	14,51	116,93	8,0
04	0	14,99	122,41	10,6
	60	14,95	121,12	11,9
	120	14,82	121,33	12,7
	180	14,38	114,99	12,3
05	0	14,07	115,33	9,3
	60	13,60	112,27	9,9
	120	14,02	115,89	10,9
	180	14,08	115,21	10,7
06	0	15,69	104,53	6,6
	60	15,44	105,42	7,2
	120	16,01	107,85	7,3
	180	15,17	104,49	7,1
07	0	14,68	118,73	7,7
	60	14,95	122,19	9,1
	120	14,92	121,71	9,4
	180	14,82	119,11	9,5

Área	Tratamento (kg K ₂ O/ha)	S	ATR	TAH
08	0	14,63	118,92	9,6
	60	14,97	121,71	10,7
	120	15,53	128,13	10,7
	180	14,53	116,82	9,6
09	0	14,56	120,31	7,0
	60	14,71	122,73	8,0
	120	15,37	129,50	8,7
	180	14,40	118,99	7,5
10	0	14,81	159,50	15,1
	60	15,79	174,13	17,3
	120	16,06	178,96	18,5
	180	15,71	173,66	17,5
11	0	16,12	129,72	7,6
	60	16,63	135,11	9,0
	120	16,21	132,71	9,2
	180	16,88	138,01	9,6
12	0	16,81	139,25	8,6
	60	16,16	135,66	9,5
	120	16,53	136,59	9,9
	180	16,90	139,17	10,2
13	0	16,85	141,73	17,7
	60	17,75	146,10	19,3
	120	17,61	149,02	20,3
	180	17,06	141,62	18,9

Os resultados mostram que, tanto em cana-planta como nas soqueiras, a qualidade da matéria-prima apresenta variações significativas somente entre as áreas estudadas, fato este provavelmente influenciado pelas diferentes épocas de colheita, assim como pelas condições edafoclimáticas predominantes nestas regiões. A análise de variância dos resultados da análise tecnológica dentro de cada área experimental revelou a inexistência de efeito significativo dos tratamentos, para os valores de pol % cana e açúcar teórico recuperável (kg açúcar/t cana) não

apresentando significância para análise de regressão. A produção de açúcar (t açúcar/ha), entretanto, mostrou-se significativamente influenciada pelos tratamentos utilizados, devido às variações na produtividade agrícola (t cana/ha).

Estes resultados confirmam as observações feitas por INNES & CHINLOY (1952), HODNETT (1956) e ORLANDO FILHO et alii (1977), onde a elevação na produção de açúcar encontra-se diretamente relacionada ao aumento da produção de cana, não sendo constatado alterações significativas na qualidade tecnológica (açúcar/tonelada de cana) em decorrência da adubação potássica nos níveis de adubação estudados.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Embora a definição de uma recomendação de adubação potássica baseada na análise química deste nutriente no solo seja o método mais difundido entre os pesquisadores, tais resultados podem ser concebidos através de procedimentos alternativos, utilizando-se o presente trabalho como base para o desenvolvimento de outros mais detalhados.

A critério de sugestões, alguns ajustes devem ser considerados no aperfeiçoamento deste trabalho:

- há necessidade de maior número de ensaios, tanto em cana-planta como em soqueiras, proporcionando melhor cobertura para todas as classes de teores de potássio;
- correlacionar a resposta da cultura à capacidade de troca de cátions, como critério de separação de solos para adubação potássica;

- avaliar a influência da calagem, através da relação $K^+/Ca^{++} + Mg^{++}$ ou $K^+/(Ca^{++} + Mg^{++})^{1/2}$, no nível de resposta da cana-de-açúcar;
- aperfeiçoar a calibração de adubação potássica, através da separação dos solos pelas classes texturais.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e sua interpretação, foram possíveis as seguintes conclusões:

- as classes de fertilidade em cana-planta são: muito baixo (< 32 ppmK), baixo (32 - 61 ppmK), médio (62 - 102 ppmK), alto (103 - 206 ppmK) e muito alto (> 206 ppmK);
- para cana-soca, as classes de fertilidade são: muito baixo (< 25 ppmK), baixo (25 - 48 ppmK), médio (49 - 82 ppmK), alto (83 - 166 ppmK) e muito alto (> 166 ppmK);
- em cana-planta e cana-soca os níveis críticos são: 61 ppmK e 48 ppmK respectivamente;
- em função das classes de fertilidade e da relação w/t, as doses máximas econômicas

foram 140 kg K_2O /ha e 130 kg K_2O /ha, para cana-planta e cana-soca respectivamente;

- as doses crescentes de potássio não influenciaram diretamente na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, sendo os aumentos observados na produção de açúcar relacionados à elevação na produtividade agrícola da cana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, A.G. Sugarcane physiology; a comprehensive study of the saccharum source-to-sink system. Amsterdam, Elsevier, 1973. 752p.
- ALVAREZ, F.C. Caña de Azúcar. Venezuela, Fondo Nacional de Invertigaciones Agropecuarias, 1975. 669p.
- ALVAREZ, R.; SEGALLA, A.L.; ARRUDA, H.V. Fertilizantes fosfatados na cultura da cana-de-açúcar em terra roxa misturada. *Bragantia*, Campinas, 22:I-III, mar.1963. Nota, 1.
- ANDREIS, H.J. Macro and micro nutrient content of millable Florida sugarcane. *Sugar Journal*, New Orleans, 37 (8): 10-2, 1975.
- BARNES, A.C. The sugar cane. New York, Interscience, 1964. 456p.
- BAULE, H. The fertilizer treatment of forest hess. Munchen, TLV, 1970. 259p.
- BORKERT, C.M.; CORDEIRO, D.S.; PALHAND, J.B.; SFREDO, G.J. Soja; exigências nutricionais e adubação. In: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. Manual agropecuário para o Paraná. Londrina, 1978 p.376.

- CAPó, B.G.; SAMUELS, G.; LANDRAU JÚNIOR, P.; ALERS, S.A.; RIERA, A. The method of foliar diagnosis as applied to sugarcane. Rio Piedras, University of Puerto Rico/Agr. Exp. Station, 1955. 47p. (Bulletin, 123).
- CATANI, R.A. A determinação do potássio pelos métodos do cobaltihexanitrito e de fotometria de chama; sua aplicação no estudo do potássio nos solos dos Estados de São Paulo. Piracicaba, 1954. 145p. (Catedra - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CATANI, R.A. & JACINTHO, A.O. Análise química para avaliar a fertilidade do solo; métodos de análise. Piracicaba, Livroceres, 1974. 61p.
- CATANI, R.A.; ARRUDA, H.C.; PELEGRINO, D.; BERGAMIN FILHO, H. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pela cana-de-açúcar Co 419 e o seu crescimento em função da idade. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba, 16:167-90, 1959.
- CATE JÚNIOR, R.B. & NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. Raleigh, North Carolina State University/Agricultural Experimental Station, 1965. 13p. (Technical Bulletin International Soil Testing Series, 1).

- CHWAN-CHAU, W. The effect of fertilizer application on sucrose content of sugarcane. Taiwan Sugar, Taipei, 23(4):167-71, July/Aug. 1976.
- CLEMENTS, H.F. Sugarcane nutrition and culture. Lucknow, Indian Institute of Sugarcane Research, 1959. 189p.
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ALCÓOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Novas variedades Copersucar. Piracicaba. Copersucar, 1981. 59p. (Boletim Técnico Copersucar).
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ALCÓOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Recomendação de adubação para a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba, Copersucar, 1988. 26p. Cadernos Copersucar, Série Agronômica, 17.
- DIEST, A. van. Factores affecting the availability of potassium in soils. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 11., Bern, 1978. Potassium research: review and trends; proceedings, Bern, International Potash Institute, 1978. p.75-97.
- DILLEWIJN, C. van. Botany of sugarcane. Wageningen, Veeman & Zonem, 1952. 371p.
- EMBRAPA - SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLO. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 375p.

- ESPIRONELO, A. Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B.van; SILVA, N.M. da; BATAGUA, O.C.; QUAGGIO J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, D.H.; BELLINAZZI JÚNIOR; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1985. p.10. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- FAUCONIER, R. & BASSEREAU, D. La caña de azucar. Barcelona, Editorial Blume, 1975. 433p.
- FERNANDEZ, A.C. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Piracicaba, COPER SUCAR, março 1986. 92p. (Curso de Especialização na Cultura da Cana-de-Açúcar).
- GALLO, J.R. Levantamento do estado nutricional de canaviais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 27(30):36-82, set. 1968.
- GEUS, J. de. Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Zurich, Centre d'Estude de l'Azote, 1967. 727p.
- GOLDEN, L.E. Plant nutrients uptake by sugar cane in Louisiana. *Sugar Journal*. New Orleans. 22(11):21-2, 1960.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 10.ed. Piracicaba, 1982. 471p.
- GRIMM, S.S. Aspectos econômicos da adubação e fertilidade do solo. Porto Alegre, UFRGS/Faculdade de Agronomia/Departamento de Solos, 1972. 92p. (Roteiro de aula).
- GRIMM, S.S. & FOLE, D.A. Calibração de métodos químicos para fósforo em função da máxima eficiência econômica.

- Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 8(2):195-206, 1972.
- HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.A.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B., coord. Cana-de-açúcar - cultivo e utilização. Campinas. Fund. Cargill, 1987. v.1, p.88-159.
- HALAIS, P. The determination of nitrogenous fertilizer requirement of sugarcane crops by foliar diagnosis. In: CONGRESS INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 10., Hawaii, 1959. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, 1960. p.515-21.
- HARTT, C.E. Some effects of potassium deficiency upon the amounts of proteins and amino forms of nitrogen, sugar and enzymes activity of sugar cane. Plant Physiology, Bethesda, 9:399-453, 1934.
- HARTT, E. Effect of potassium deficiency upon translocation of ^{14}C in detached glades of sugarcane. Plant Physiology, Bethesda, 45:183-187, 1970.
- HAUSER, G.F. The calibration of soil tests for fertilizer recommendation. Roma, FAO, 1973. 71p (Soils Bulletin, 18).
- HODNETT, G.E. The responses of sugarcane to fertilizers. Empire. Journal Experimental Agriculture, Oxford, 24(93):1-20, 1956.
- HUMBERT, R.P. The growing of sugarcane. Amsterdam, Elsevier, 1963. 710p.

- INNES, R.F. & CHINLOY, T. Fertilizers and sugarcane: a study of the effects of Potash. *The South African Sugar Journal*, Durban, 1952. 41(10) p.213-29.
- KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. The role of potassium in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1948. 509p.
- KOFFLER, N.F. & DONZELLI, P.L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B., coord. *Cana-de-açúcar - cultivo e utilização*. Campinas. Fund. Cargill, 1987. v.1, p.19-39.
- MALAVOLTA, E. *Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação*. 2.ed. São Paulo, CERES, 1967. 606p.
- MALAVOLTA, E.; H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas*. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; COURY, T.; ABREU, C.P.; VALSECCHI, O.; HAAG, H.P.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; MELLO, F.A.F. de; ARZOLLA, J.D.P.; ARZOLLA, S.; RANZANI, G.; KIEHL, E.J.; CROCOMO, O.J.; MENAD, L.N.; NOVAIR, R.S.; FREIRE, O.; OLIVEIRA, E.R. A diagnose foliar em cana-de-açúcar. IV. Resultados de 40 ensaios fatoriais NPK 3x3x3, primeiro corte no Estado de São Paulo. *Fertilite*, Paris. (25):3-32, Oct./Nov. 1965.
- MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C. de; ARAÚJO FILHO, J.T. de. *Relação entre a saturação do alumínio do solo -*

- ($Al^{3+} + Ca^{2+} + Mg^{2+}$)100 e a produção de cana-de-açúcar em Alagoas. Rio Largo, IAA/PLANALSUCAR/COONE, 1981. 20p.
- MARINHO, M.L.; CAVALCANTI, C.A.; AMORIM, A.L.C. Influência do nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento industrial dos canaviais de Alagoas. Brasil Açucareiro, 86(6):19-29, dez, 1975.
- MIELNICZUK, J. O potássio no solo. Instituto da Potassa-Fosfato (EUA) e Instituto Internacional da Potassa (Suíça), Boletim Técnico 2, 1978. 80p.
- ORLANDO FILHO, J. & RODELLA, A.A. Análise química do solo e recomendação de adubação. In: ORLANDO FILHO, J., coord. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.155-178.
- ORLANDO FILHO, J. & HAAG, H.P. Influência varietal e do solo no estado nutricional da cana-de-açúcar (*Saccharum ssp*) pela análise foliar. Boletim Técnico. PLANALSUCAR, Araras (2). 1976. 52p.
- ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JÚNIOR, 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, 2(1):1-128, 1980.
- ORLANDO FILHO, J. & ZAMBELLO JÚNIOR, E. Viagem de estudos realizada à África do Sul, Filipinas, Havaí e Louisiana. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1980, 49p.

- ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; RODELLA, A.A.
Calibração de potássio no solo e recomendação de
adubação para cana-de-açúcar. Brasil Açucareiro, Rio de
Janeiro, 97(1):18-24, 1981.
- ORLANDO FILHO, J.; SOUZA, J.A.G.C. Adubação nitrogenada em
4 variedades de cana-planta em LVE-orto. Brasil
Açucareiro, Rio de Janeiro, 89(4):6-14, 1977.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo
para fins de fertilidade. Campinas, Instituto
Agrônômico, 1983, 31p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B. van. Calibração do potássio trocável em solos para
feijão, algodão e cana-de-açúcar. Ciência e cultura, São
Paulo, 26(6):575-9, jun. 1974.
- RAIJ, B. van & ZULLO, M.A.T. Métodos de análise de solo.
Campinas, Instituto Agrônômico, 1977. 16p.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Campinas,
Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional
da Potassa, 1981. 142p.
- RIZZO, L.T.B. & ORLANDO FILHO, J. Estimativa de
distribuição da cultura de cana-de-açúcar nos solos do
Estado de São Paulo. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro,
96(5):37-44, nov. 1980.
- RODELLA, A.A.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J.
Calibração das análises de fósforo e potássio no solo em
cana-de-açúcar; 2ª aproximação. Saccharum, São Paulo,
28:39-42, 1983.

- SAMUELS, G. Silicon and sugar. *Sugar y Azucar*, New York, 64(4):25-9, Apr.1969.
- SAMUELS, G. & LANDRAU JÚNIOR, P. The influence of potassium on the yield and sucrose of sugarcane. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, 38(4):170-8, 1954.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, USP, 1974. 56p.
- SILVA, G.M. de A. Influência da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. et alii, coord. *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1983. Coleção nº 2. p.317-329.
- SILVA, G.M. de A.; ALONSO, O.; MORAIS, R.S. Influência da adubação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 4, Águas de Lindóia, 1976. Anais. São Paulo, Copersucar, 1977. p.27-35.
- SILVEIRA, J.A.G. da. Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K/N em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivada em solução nutritiva. Piracicaba, 1980. 127p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP).
- STEWART, J.M. Potassium and sugarcane. *The South African Sugar Journal*, Durban, 53(2):108-21, 1969.

ZAMBELLO JÚNIOR, E. & ORLANDO FILHO, J. Adubação de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. *Boletim Técnico PLANALSUCAR*. Piracicaba, 3(3):1-26, 1981.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J.; COLLETTI, J.T. & ROSSETTO, A.J. Adubação de soqueiras em 3 variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivadas em Terra Roxa Estruturada no Estado de São Paulo. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 89(3):11-7, 1977.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A.A. Recomendação de adubação fosfatada para cana-de-açúcar através da análise química do solo. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 49(3):38-43, 1981.