VARIAÇÃO NA FERTILIDADE DE SOLO AO LONGO DA SAFRA 2008/2009, PARA CULTIVARES PRECOCES DE CANA-DE-AÇÚCAR

Luiz Carlos Tasso Júnior [1]; Hélio Francisco da Silva Neto [2]; Joana Diniz Rosa da Silva [3]; Diogo Marques[4]; Fábio Camilotti [5]

[1] Bolsista CAPES - Pós-doutorando em Produção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV - UNESP/Jaboticabal. E-mail: lctasso@yahoo.com.br
[2] Bolsista CNPq - Doutorando em Produção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV - UNESP/Jaboticabal. E-mail: heliofsn@hotmail.com
[3] Bolsista CAPES - Mestranda em Produção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV - UNESP/Jaboticabal. E-mail: jodiniz2@yahoo.com.br
[4] Graduando em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV - UNESP/Jaboticabal. E-mail: diogomarkes@yahoo.com.br
[5] Professor Assistente Fatec – Jaboticabal. E-mail: fabiocamilotti@hotmail.com

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi comparar ao longo da safra 2008/2009 a composição química do solo (P, K, Ca e Mg), na camada superficial (0-20 cm), quando cultivado com seis cultivares precoce de cana-de-açúcar. O experimento foi instalado na FCAV/UNESP, no Município de Jaboticabal-SP, em um Latossolo-Vermelho Escuro, eutrófico, A moderado, textura muito argilosa relevo suave ondulado (EUTRUSTOX). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 6x3 com 3 repetições. O fator principal foram os seis cultivares estudados e o secundário as 3 épocas analisadas durante a safra. Utilizou-se para a adubação de plantio 500 kg ha-1 da fórmula 05-25-25. Foram realizadas três amostragens de solo, distribuídas ao longo da safra. Dessa forma, em cada parcela foram retiradas 3 amostras de solo que, após homogeneização, deram origem à amostra final a ser enviada para o Laboratório para realização da análise química de solo (P, K, Ca e Mg). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Observou-se diminuição nos teores de nutrientes ao longo das épocas, exceto o potássio principalmente para os solos dos cultivares IACSP93-3046 e SP80-1842 que apresentaram aumento a partir da segunda amostragem. O comportamento dos cultivares de cana, ao longo do tempo de análise, foi semelhante tanto para os teores de cálcio quanto para o magnésio no solo. Ao comparar os teores de nutrientes, os solos dos cultivares CTC 16 e CTC 9, na última análise, apresentaram os menores valores em todas as variáveis. Os maiores teores de nutrientes foram obtidos pelo solo dos cultivares SP80-1842 e IACSP93-3046. Como a fertilidade inicial era igual para todos os cultivares pode-se inferir que os cultivares CTC 16 e CTC 9 apresentam maiores tendências em extrair nutrientes. Em relação às épocas analisadas foi constatado diminuição dos teores de nutrientes ao longo da safra, com exceção do potássio.

PALAVRAS-CHAVE: fertilidade; *Saccharum* spp; variedades

SOIL FERTILITY VARIATION ALONG 2008/2009 HARVEST, FOR EARLY SUGARCANE CULTIVARS

ABSTRACT

The objective of the current work was to compare along 2008/2009 harvest the soil chemical composition (P, K, Ca and Mg), in the superficial layer (0-20 cm), when harvested with six early sugarcane cultivars. The experiment was installed at FCAV/UNESP, at Jaboticabal county, state of São Paulo, in a eutrofic ustic oxissol (EUTRUSTOX). The experimental design used was with randomized blocks in factorial scheme 6x3 with 3 replications. The main factors were the six studied cultivars and the secondary factor were the 3 analyzed epochs during harvest. For planting fertilization it was used 500 kg ha-1 of the 05-25-25 formula. Three soil samplings were done, spread along the harvest. This way, in each plot 3 samples were taken that, after homogenization, originated the final sample to be sent to the Laboratory to do the soil chemical analysis (P, K, Ca and Mg). The obtained results were submitted to variance analysis through F test and the averages were compared through Tukey testa at 5% probability. It was observed diminishment on the nutrient levels along the epochs, except for potassium for the soils with cultivars IACSP93-3046 and SP80-1842 that showed increase from second sampling. The sugarcane cultivars behavior, along the analysis time, was similar as for the calcium levels as for the magnesium at the soil. In comparing the nutrient levels, the soils with the CTC 16 and CTC 9 cultivars, in the last analysis, showed the least levels in all variables. The greatest nutrient levels were obtained at the soil with cultivars SP80-1842 and IACSP93-3046. As starting fertility was equal for all cultivars it is possible to infer that cultivars CTC 16 and CTC 9 show greater tendencies to extract nutrients. In relation to analyzed epochs it was confirmed the nutrient levels diminishment along the harvest, except potassium.

KEYWORDS: fertility; *Saccharum* spp; varieties.

INTRODUÇÃO

Pelos resultados obtidos na análise química do solo é possível calcular a quantidade necessária de insumos a ser aplicada, de acordo com a presença do nutriente no solo (CRESTE *et al*., 2008). As quantidades de nutrientes extraídas do solo pela cana-de-açúcar variam com métodos de cultivo, cultivar e disponibilidade de nutrientes no solo (FAUCONNIER e BASSEREAU, 1975).

Para a cana-planta o desenvolvimento vegetativo mais intenso ocorre a partir dos oito meses de idade, o que coincide com o final do inverno e o início da primavera, indicando maior absorção de nutrientes pela cultura (ZAMBELLO JR e ORLANDO FILHO, 1981). Sampaio e Salcedo (1991) observaram que os teores de potássio no solo foram mais altos na camada superficial (0-20 cm), decrescendo com a profundidade, e os maiores valores de K extraível foram obtidos nas

amostragens de solo com a cana aos três meses de idade. Durante o ciclo da cana-planta o autor destaca que houve diminuição de potássio extraível do solo, devido à absorção pelas plantas.

O consumo de nutrientes pela cana-de-açúcar, durante o seu ciclo vegetativo, varia de acordo com o elemento (COELHO e VERLENGIA, 1972). Geus (1967) apresentou dados relativos à remoção de nutrientes pela cana-de-açúcar, citando que 1t de cana industrializável removeu do solo 2,24 kg de N, 0,92 kg de P_2O_5 e 4,48 kg de K_2O, sendo que a demanda por nutrientes foi maior nos estágios iniciais de desenvolvimento da cana.

Orlando Filho *et al*., (1980) observaram que os valores absorvidos pelos colmos foram sempre crescentes, enquanto as folhas apresentaram estabilização ou queda após o 14° mês. A maior absorção do fósforo ocorreu próximo ao final do ciclo considerado (16 meses), normalmente todo o fertilizante fosfatado é colocado no sulco de plantio, devido o elemento ser pouco móvel no solo. Em relação ao potássio o período de absorção mais intenso pelos colmos foi do oitavo ao 14° mês e para as folhas do sexto ao 14° mês de idade. Os autores observaram também que a extração de cálcio e magnésio por colmos e folhas foi sempre crescente ao longo do ciclo.

Portanto, com o conhecimento dos teores de nutrientes disponíveis, por meio das análises químicas, e sua dinâmica no solo, associado ao desempenho dos diferentes cultivares disponíveis no mercado, pode-se obter melhores práticas de adubação e manejo e, conseqüentemente, maior eficiência na produção e gestão da cultura de cana-de-açúcar. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo comparar a composição química do solo (P, K, Ca e Mg), na camada superficial (0-20 cm), quando cultivado com seis cultivares de cana-de-açúcar (cana de 1º corte).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino e Pesquisa e Produção (FEPP) da FCAV/UNESP, localizada no Município de Jaboticabal, Estado de São Paulo, Brasil a uma altitude média de 575 metros do nível do mar, com relevo caracterizado como suave ondulado. Sua localização geográfica é definida como: latitude 21º 15’ 22’’S e longitude 48º 18’ 58’’ WG. A região de clima tropical com inverno seco é classificada, de acordo com o Sistema Internacional de Classificação de Köppen, como Aw. A pluviometria média anual é de 1425 mm, com concentração de chuvas no verão.

O solo onde o experimento foi instalado é classificado como um Latossolo-Vermelho Escuro, eutrófico, A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado – EUTRUSTOX (EMBRAPA, 1999). O preparo desse solo foi efetuado no sistema convencional, com uma aração com arado de disco e duas gradagens, sendo uma grade aradora de 270 mm e uma grade niveladora de 195 mm.

A área foi anteriormente cultivada com soja, em sistema de plantio direto, sendo que após a colheita desta realizou-se a amostragem do solo, coletando-se 20 sub-amostras, procurando-se abranger a área como um todo na profundidade 0-20 cm. Posteriormente, esta amostra foi submetida a secagem à sombra, peneirada e enviada para realização de análises químicas e físicas no Departamento de Solos e Adubos da FCAV, cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1. Propriedades químicas do solo da área experimental. Jaboticabal, SP, 2007/2008.

	pH	P (resina)	M.O.	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %
Amostras	*$CaCl_2$*	*mg/dm^3*	*g/dm^3*	---------- *$mmol_c/dm^3$* ---------- *%*						
0 – 25	5.3	22	19	3.8	37	16	31	56.8	87.8	65
25 – 50	5.3	18	15	3.5	28	12	25	43,5	68.5	64

Fonte: Departamento de solos – FCAV/UNESP

TABELA 2. Propriedades granulométricas do solo da área experimental. Jaboticabal, SP, 2007/2008.

	Argila	Limo	Areia		Classe Textural
			Fina	Grossa	
Amostras	---------- *g/Kg* ----------				----------
0 – 25	590	120	150	140	Argilosa
25 - 50	610	120	140	130	Muito Argilosa

Fonte: Departamento de solos – FCAV/UNESP

Pelos resultados da análise química e física, verifica-se segundo os critérios de Raij *et al*., (1997b), que se trata de um solo argiloso com acidez média, com alto teor de potássio, cálcio, magnésio e fósforo, e média saturação das bases. De acordo com as recomendações de Raij *et al*., (1997a) não foi necessário realizar a correção do solo.

O plantio dos cultivares de cana foi realizado em março de 2007. Na distribuição das mudas no sulco de plantio adotou-se o sistema de colmos cruzados, procurando atingir média de 18 gemas por metro linear, sendo que nesta ocasião, foi utilizado, como adubação de plantio 500 kg ha^{-1} da fórmula 05-25-25, seguindo critérios da perspectiva de produtividade agrícola e análise do solo, de acordo com Boletim 100 – IAC (SPIRONELLO *et al*., 1996).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 6x3 com três repetições. O fator principal foi os seis cultivares estudados (CTC 7, CTC 9, SP91-1049, SP80-1842, CTC 16 e IACSP93-3046) e o secundário as 3 épocas analisadas ao longo da safra (12, 15 e 17 meses após o plantio).

Cada parcela foi constituída por cinco linhas de 12 metros de comprimento e espaçadas de 1,5 m, totalizando 90 m^2. Para a realização das amostragens em cada parcela foi descartado um m de cada uma das extremidades das linhas, bem como a primeira e quinta linha em suas totalidades, resultando numa área útil de 45 m^2.

Foram coletadas 20 sub-amostras de solo na profundidade 0-20 cm na entrelinha da cana, em cada parcela, sendo o local de coleta, escolhido aleatoriamente no momento da amostragem.

Após coletadas, as sub-amostras foram homogeneizadas e deram origem à amostra composta que foi etiquetada e encaminhada para o Laboratório de Solos da FCAV/UNESP no Departamento de Solos e Adubos, para realização da análise química do solo. No laboratório foram determinados os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, segundo metodologia preconizada por Raij e Quaggio, (2001).

As análises estatísticas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados os valores médios de fósforo, potássio, cálcio e magnésio para a camada 0-20 cm. Na camada em estudo houve uma maior amplitude nos valores de P entre os cultivares em relação aos demais nutrientes. Uma possível razão para tal fato é de que o fósforo, utilizado como fertilizante no sulco de plantio, se concentra em regiões superficiais do solo, sendo este pouco móvel (Orlando Filho *et al*., 1980).

O solo do cultivar SP80-1842 obteve o maior valor de P (70,88) na camada 0-20 cm e o menor foi obtido pelo cultivar CTC 9 (34,88). No entanto, este valor não é classificado como teor muito baixo ou baixo de P no solo segundo os critérios de RAIJ *et al*., (1997b).

Em relação ao potássio, os solos dos cultivares CTC 16 e CTC 9 apresentaram os menores valores. No entanto, para estes dois cultivares, segundo Raij *et al*, (1997b), tais teores podem ser classificados como médios. Em contrapartida, Orlando Filho *et al*. (1996) consideram estes valores de K no solo próximos ao nível crítico de 2,3 mmolc dm^{-3}. O solo do cultivar SP80-1842 obteve o maior valor de potássio no solo.

Os teores mais elevados de cálcio foram encontrados para os solos dos cultivares SP80-1842 e IACSP93-3046. Destaca-se o comportamento do solo do cultivar CTC 9 com o menor teor de Ca. Contudo, mesmo sendo o menor valor dentre os cultivares em estudo, Raij *et al*., (1997b) o classifica como sendo alto.

Os teores de Mg apresentados pelo solo do cultivar SP80-1842, seguido pelo solo do cultivar IACSP93-3046, foram os maiores na profundidade estudada, já o solo do cultivar CTC 9 apresentou o menor teor que, conforme Raij *et al*., (1997b) pode ser classificado como alto.

TABELA 3. Valores médios[1] dos teores de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) obtido pelos cultivares de cana-de-açúcar na profundidade analisada (0-20 cm) ao longo da safra.

Cultivares	P	K	Ca	Mg
	mg dm^{-3}	----------mm_c dm^{-3}----------		
SP91-1049	57,33 d	3,00 b	35,11 b	19,44b
SP80-1842	70,88 a	4,45 a	44,33 a	23,00a
IACSP93-3046	67,22 b	2,54 c	44,22 a	22,77a
CTC 16	57,33 c	2,26 d	29,22 c	15,55c
CTC 7	38,55 e	2,98 b	29,00 c	15,66c
CTC 9	34,88 f	2,23 d	25,00 d	13,44d
Teste F	32,33**	292,57**	380,05**	166,45**
DMS (5 %)	9,3086	0,2060	1,8054	1,3357
Época				
1	53,61 a	2,961 b	39,38 a	19,44ª
2	53,88 a	2,588 c	35,55 b	19,55ª
3	43,11 b	3,194 a	28,50 c	15,94b
Teste F	241,02**	80,07**	341,07**	86,13**
DMS (5 %)	1,3715	0,1183	1,0364	0,7668
Teste F				
Blocos	0,50 ^{NS}	1,92 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,78 ^{NS}
CxE	173,74**	91,28**	116,52**	45,74**
CV%	3,3444	4,9680	3,6798	5,1257

[1]-Números seguidos de letras distintas diferem entre si a 5 % de probabilidade, pelo Teste de Tukey. ^{NS} e ** - Não Significativo e significativo ao nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. DMS – Diferença mínima significativa. CV % - Coeficiente de variação.

Comparando as épocas analisadas (Tabela 3) observa-se que ocorreu tendência, para a maioria dos nutrientes, de diminuição ao longo do tempo. Uma possível explicação para tal fato seria a crescente absorção de fósforo, cálcio e magnésio pelas plantas, como relata Orlando Filho *et al*., (1980). O inverso ocorreu para o potássio, cujo teor diminuiu na época 2 e voltou a aumentar na época 3. Esse comportamento pode ser explicado pela maior absorção nesta camada, principalmente nas épocas iniciais (GEUS, 1967).

O desdobramento dos cultivares dentro das épocas analisadas, para os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio no perfil do solo, estão apresentados na Figura 1. A tendência observada, para a maioria dos cultivares, é de redução nos níveis de nutrientes no solo ao longo do tempo, concordando com Orlando Filho *et al*., (1980) que observaram uma crescente absorção de nutrientes ao longo do ciclo da cultura. Exceção ocorreu para o K no solo dos cultivares SP80-1842 e IACSP93-3046, que apresentaram diminuição na época 2 e aumento acentuado na última época analisada. Estes resultados podem ser comparados aos encontrados por Orlando Filho *et al*. (1980), os quais observaram que o período de absorção mais intenso de potássio pelos colmos foi do oitavo ao 14° mês e para as folhas do sexto ao 14° mês de idade, período este, semelhante a época 2. Os cultivares CTC 9 e CTC 16 se destacaram por seus solos apresentarem os menores teores de nutrientes na última época analisada, sendo que o cultivar CTC 9 manteve os baixos teores desde a época 2 e o cultivar CTC 16 apresentou os menores teores na época inicial e aumento acentuado na época 2.

Analisando individualmente os nutrientes observa-se, para o fósforo, que a maioria dos cultivares obteve redução nos níveis de P no solo ao longo do tempo. A exceção ficou por conta do cultivar IACSP93-3046, cujo solo apresentou aumento de P na última análise. Essa constatação vai ao encontro das afirmações de Fauconnier e Bassereau (1975), quando ressaltam que as quantidades de nutrientes, extraídas do solo pela cana-de-açúcar, sofrem influência das características genéticas de cada cultivar.

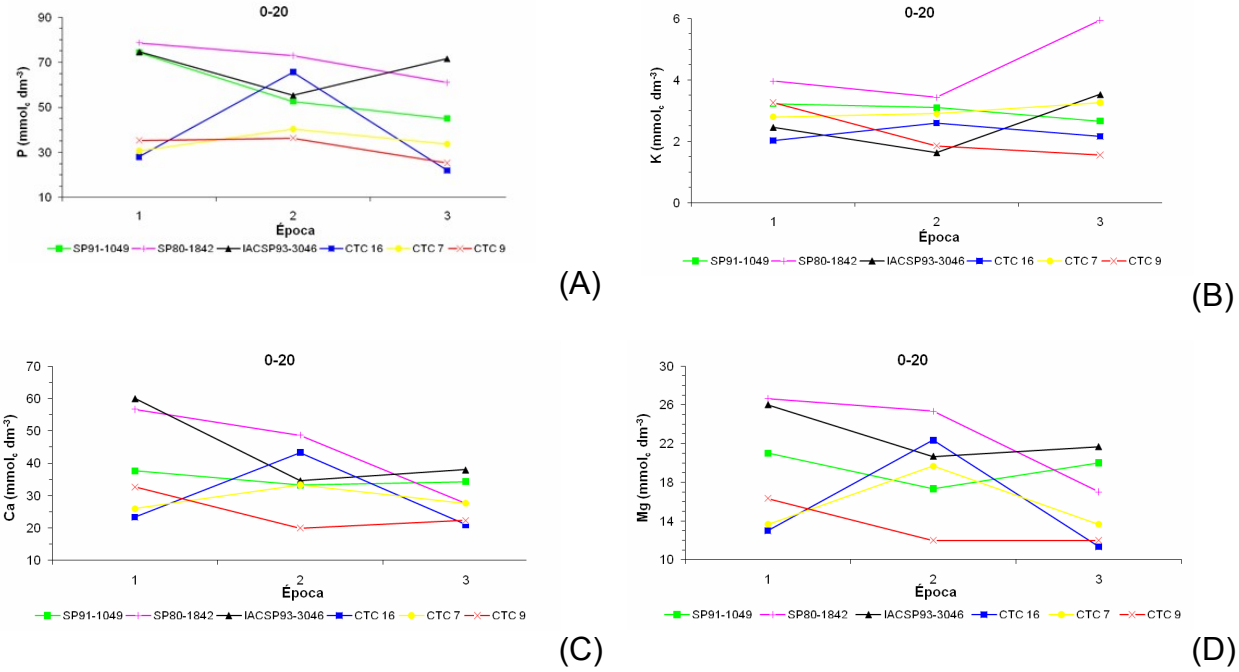

FIGURA 1: Desdobramento dos cultivares e épocas sobre o teor de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C) e magnésio (D) na profundidade de solo analisadas (0-20 cm).

Para o potássio, observa-se aumento dos valores de K em função da época das análises, principalmente nos solos dos cultivares SP80-1842 e IACSP93-3046. Nesses casos, em particular, o primeiro cultivar proporcionou os maiores valores. Comportamento inverso foi obtido pelos cultivares CTC 9 e SP91-1049.

Em relação ao cálcio e magnésio, os cultivares apresentaram comportamentos semelhantes ao longo das épocas analisadas. Os cultivares SP80-1842 e IACSP93-3046 proporcionaram solos com os maiores valores na época inicial. Porém, o solo do primeiro cultivar citado apresentou diminuição mais acentuada ao longo do tempo analisado. Já os solos dos cultivares CTC 7, CTC 9 e CTC 16 apresentaram os menores valores nas épocas 1 e 3, sendo que o cultivar CTC 9 se destacou dos demais por obter os menores teores na época 2.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que os teores de nutrientes no solo tendem a diminuir ao longo das épocas analisadas. A exceção foi observada apenas em relação ao potássio.

Os cultivares estudados proporcionaram solos com diferentes teores em relação às variáveis de fertilidade (P, K, Ca e Mg), com destaque para o solo do cultivar CTC 9, cujo nível de fertilidade foi inferior apresentando tendências em extrair maior quantidade desses elementos do solo, sugerindo que se dedique maior atenção em solos cultivados com este exemplar. O inverso ocorreu para o cultivar SP80-1842 que apresentou os maiores teores de nutrientes na camada em estudo.

Ao analisar o desdobramento dos cultivares sobre as épocas analisadas, pode-se concluir que os cultivares SP80-1842 e IACSP93-3046 proporcionaram solos com os maiores valores, na primeira e última época, para as variáveis de fertilidade estudadas, e os cultivares CTC 9 e CTC 16 os menores valores na última época.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRESTE, S.; JUNIOR, V. E. R.; PINTO, L. R.; ALBINO, J. C.; FIGUEIRA, A. V. O. A biotecnologia como ferramenta para o melhoramento genético. In: DINARDO MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. A. (Eds). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. part. 3, cap. 6, p. 170.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F.; **Fertilidade do solo.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972. 384p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de informação, Embrapa solos, 1999, 412p.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azúcar**. Barcelona: Blume, 1975. 433p.

GEUS, J.G. de. **Fertilizer guide for tropical and subtropical farming**. Zurich: Centre d´Etude de l´Azote, 1967. 727p.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes em cana-de-açúcar, variedade CB4176 em função da idade em solos do Estado de São Paulo. Boletim Técnico PLANALSUCAR, Piracicaba, v.2, p.1-128, 1980.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2002. 309p.

RAIJ, B., van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J., A., FURLANI A., M., C., Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo In. RAIJ, B. van; CANTARELLA , H.; QUAGGIO J.A.; FURLANI A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1997a. p. 3-6. (Boletim Técnico 100)

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H., ABREU C.A. Interpretação de resultados de análise de solo. In. RAIJ, B. van; CANTARELLA , H.; QUAGGIO J.A.; FURLANI A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1997b. p 8-13. (Boletim Técnico 100)

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In: RAIJ B. van; ANDRADE J. C.; CANTARELLA H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**, Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p.189-199.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. V. Balanço de K em quatro ciclos de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1315-1335, 1991.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B VAN.; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. Cana-de-açúcar. In: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundações IAC, 1996. p. 237-239.

ZAMBELLO JR., E.; ORLANDO FILHO, J. Adubação da cana-de-açúcar na região Centro-sul do Brasil. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v.3, p.1-26, 1981.