

## AMOSTRAGEM DE FOLHA EM CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA

Danilo Eduardo Rozane <sup>1</sup>, Renato de Mello Prado <sup>2</sup>; Liliane Maria Romualdo <sup>3</sup>, Márcio Alexandre Pancelli <sup>4</sup>; Claudenir Facincani Franco <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando, Depto. de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/Unesp). Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. 14870-000, Jaboticabal-SP. Bolsista FAPESP. *E-mail*: danilorozane@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor Doutor, Depto. de Solos e Adubos, FCAV/Unesp. Bolsista CNPq. *E-mail*: rmprado@fcav.unesp.br

<sup>3</sup> Zootecnista, MSc. Ciência do Solo. *E-mail*: lilianeromualdo@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia da FCAV/Unesp. *E-mail*: pancelli@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, MSc. Ciência do Solo. *E-mail*: cfafranco@hotmail.com

### RESUMO

O uso potencial da análise química foliar como método de avaliação do estado nutricional dependerá dos critérios adequados de amostragem de folhas. Assim, objetivou-se avaliar a influência dos tipos de folhas e das épocas de amostragens sobre o teor foliar de nutrientes da cana-de-açúcar, durante dois ciclos, submetida à aplicação de nitrogênio. Para isto, instalou-se um experimento de campo, na Fazenda experimental Santa Terezinha, Jaboticabal, SP, em soqueira de cana-de-açúcar (SP 79-1011), cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico, com as seguintes doses de nitrogênio (tratamentos): zero; 50; 100; 150 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos foram aplicados após o corte da cana-planta em junho/2005. Avaliou-se, durante os dois primeiros cortes da soqueira de cana-de-açúcar, o estado nutricional, em folhas +1 e +3, aos 4 e 9 meses após o corte, além da produção de colmos. As alterações na composição química nas folhas +1 e +3 da cana-de-açúcar, ocorreram independentemente das doses de nitrogênio empregadas. A amostragem da folha+3, coletada aos quatro meses após o corte da planta, mostrou-se adequada para a diagnose foliar na cultura da cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum*, diagnose foliar, nitrogênio, época de amostragem

### LEAF SAMPLING OF SUGAR CANE TO SUBMITTED THE NITROGEN FERTILIZATION

### ABSTRACT

The potential use of the foliar chemical analysis as method of evaluation of the nutritional status will depend on the criterion of adequate leaf sampling. Thus, in this paper we evaluate the influence of the types of leaves and the times of samplings on the nutrient foliar contents of the sugar cane, during two cycles, submitted to nitrogen application. A field experiment was set, in the experimental Farm Santa Terezinha, Jaboticabal, SP, in ratoon of sugar cane (SP 79-1011), cultivated in a dystrophic Red Latosol, with the following rates of nitrogen (treatments): zero; 50; 100; 150 and 200 kg of N ha<sup>-1</sup>. The treatments had been applied after the cut of the sugar cane-plant on June/2005. It was evaluated during the two first cuts of the ratoon sugar cane, the nutritional status, in leaves +1 and +3, 4 and 9 months after the cut, and the production of stalks. The alterations in the chemical composition in leaves +1 and +3 of the sugar cane, occurred

independently of the employed rates of nitrogen. The sampling of folha+3, collected four months after the cut plants, showed revealed adequate for foliar diagnosis in the culture of the sugarcane crop.

**Key words:** *Saccharum officinarum*, N, foliar diagnosis, nitrogen, time of sampling

## INTRODUÇÃO

O uso da análise química foliar é uma ferramenta importante, quando se objetiva melhoria no manejo e eficiência na prática da adubação. Assim, conhecer os aspectos nutricionais, para que estes não sejam fatores limitantes à produção é fundamental para explorar o potencial genético da cultura.

A análise química foliar parte da premissa de que o estado nutricional da planta é retratado pela concentração dos nutrientes presentes no tecido foliar. Esta idéia existe há mais de um século, mas tem sido explorada há apenas poucas décadas (Smith, 1966). Assim, existe relação do estado nutricional da cana-de-açúcar e a produção (Holford, 1968).

A distribuição dos nutrientes na planta e em cada uma de suas partes não é homogênea e, mesmo ao longo da folha, podem-se observar teores diferenciados, mostrando a necessidade da padronização das amostras (Jones et al., 1991). Neste sentido, é importante acrescentar que se a amostra foliar não corresponder à folha adequada, época certa e número suficiente, ela não será representativa e não refletirá corretamente o estado nutricional da cultura (Malavolta, 1992). Portanto, os dois primeiros fatores, folha adequada e época certa de amostragem, são os mais importantes na definição dos critérios para a diagnose foliar. Neste sentido, acrescenta-se que o uso da diagnose foliar em cana-de-açúcar é uma técnica que não se firmou, no Brasil, e isso possivelmente, deve-se aos fatores que interferem na composição química da folha, a exemplo da época da

amostragem (Rajj & Cantarella, 1997) e do tipo de folha que define a sua idade: por sua vez, constitui fonte de variação importante, e isto pode dificultar as interpretações do estado nutricional da planta (Prado et al., 2002). Yates (1965) reforça que o teor de nutrientes na cana-de-açúcar varia com a época de amostragem, devido às taxas de crescimento muito variáveis da planta ao longo do ciclo.

Assim, na cultura de cana-de-açúcar, existe divergência na literatura brasileira, sobre a folha diagnóstica e a época de amostragem, havendo indicações para a folha +3, a ser coletada aos 4 meses após a brotação (Malavolta, 1992) ou aos 9 meses de idade (Trani et al., 1983) e também, para a folha +1, a ser coletada na época de maior desenvolvimento vegetativo da cultura (Rajj & Cantarella 1997) e em outros países como no Havai, utilizam-se as folhas +2, +4, +5 e +6 (o ponteiro é considerado como folha +3) (Clements, 1959) e, em Porto Rico, as folhas +4, +5 e +6 (Samuels et al., 1993).

Diante deste contexto, o objetivo do trabalho será avaliar a influência dos tipos de folhas e das épocas de amostragem sobre o teor foliar de nutrientes da cana-de-açúcar, durante dois ciclos, submetida a aplicação de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda experimental Santa Teresinha, Município de Jaboticabal, SP. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa subtropical com inverno quente, moderado e seco, verão quente e chuvoso, caracterizando duas estações distintas. O

solo é um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental foi composta pela cultura da cana-de-açúcar (SP 79-1011) de segundo corte (primeira soqueira), a partir de parcelas totais com quatro linhas de 20 m de comprimento (espaçamento 1,5 m entre linhas), sendo as duas linhas centrais consideradas úteis.

Os tratamentos foram compostos por doses de nitrogênio, empregando-se dose igual a 100 kg ha<sup>-1</sup>, indicada como padrão para a soqueira no estado de São Paulo, considerando-se a produtividade esperada de 80-100 t ha<sup>-1</sup> de colmos, segundo Raij & Cantarella (1997). Assim, foram aplicadas: zero; metade; uma vez; uma vez e meia e duas vezes a dose indicada, correspondendo: D<sub>0</sub> = zero; D<sub>1</sub> = 50; D<sub>2</sub> = 100; D<sub>3</sub> = 150 e D<sub>4</sub> = 200 kg ha<sup>-1</sup>. Como fonte de nitrogênio foi utilizada a uréia (44% de N). O adubo foi aplicado ao lado das linhas da soqueira, misturado ao solo, no máximo a 10 cm de profundidade (Raij & Cantarella, 1997), um mês após o corte da cana-planta. Salienta-se, ainda, que os tratamentos, ou seja, as cinco doses de N foram repetidas, sempre nas mesmas parcelas, nas duas rebrotas consecutivas.

Para os demais nutrientes, como P e K foram aplicados junto com a adubação nitrogenada, de forma e doses uniformes em todos os tratamentos na proporção de 30 e 130 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, sendo que as doses foram baseadas na análise química do solo e em função da recomendação de adubação (Raij & Cantarella, 1997).

O estado nutricional das plantas foi determinado pelas amostragens de folhas. Neste sentido, para a coleta da folha-diagnose, foram considerados os dois tipos de folhas e as duas épocas de amostragem.

Assim, foi coletada a folha +1 (folha mais alta com colarinho visível "TVD"), os 20 cm centrais, excluída a nervura central, durante a fase de maior desenvolvimento vegetativo, ou seja, aos 4 meses após a brotação (Raij & Cantarella 1997) e, também, a folha +3 (folha +1 = primeira folha com a região da inserção da bainha visível, quatro meses após o início da brotação da soca (Malavolta, 1992)). As amostragens das folhas +1 e +3 foram realizadas aos 4 e 9 meses após a brotação, amostrando-se 20 folhas de cada tipo e época, por parcela.

Salienta-se, que após a coleta das folhas foram realizados os procedimentos de preparo da amostra e as mesmas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, até peso constante, e as determinações do nitrogênio, bem como dos demais macro e micronutrientes no tecido vegetal, segundo a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). E também, realizou-se a colheita da primeira (junho/2005) e da segunda (junho/2006) soqueira da cana-de-açúcar, onde se obteve produção de colmos, considerando 4,0 m linear, a partir das duas linhas centrais da parcela.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a) Efeitos dos tratamentos no estado nutricional: primeira soqueira

Houve diferença significativa para fatores estudados, entretanto não houve interação entre doses de N e tipos de folhas, nas duas épocas de amostragem. Deste modo, para o fator dose, observou-se que os tratamentos afetaram o teor de N e Mn, aos quatro meses após o corte e o teor de Mn aos nove meses após o corte (Tabela 1). Assim, as doses de N promoveram aumento do teor de N e no teor de Mn (dados não apresentados), sendo que o primeiro pode ser explicado pelos tratamentos e o segundo em função dos efeitos indiretos da adubação nitrogenada na reação do solo, pois segundo Malavolta &

Neptune (1983) ocorre pelo fato que a utilização de adubos nitrogenados, diminui o valor pH do solo, provocando aumento no teor foliar de Mn que pode chegar a atingir níveis tóxicos. Dolinski et al. (2005), estudando a adubação nitrogenada em citros, também observaram que a aplicação de N elevou o teor de Mn foliar

Observou-se aos quatro meses após o corte da soqueira, que para o fator tipo de folha, os tratamentos afetaram todos os nutrientes analisados, exceto B e Fe (Tabela 1). Deste modo, os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn, foram, respectivamente, para folha +1 e +3 de: 18,6 e 17,6; 1,5 e 1,4; 10 e 7,7; 4 e 5,6; 2,1 e 2,4; 1,4 e 1,2 ( $\text{g kg}^{-1}$ ); 4,4 e 4,2; 88 e 100; 14 e 12 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Tabela 1). Comparando os resultados da folha +1, com os teores considerados adequados, segundo Raij & Cantarella (1997) para o mesmo tipo de folha, observa-se que para N, P, K, Ca, Mg, Mn e Zn, os teores estão situados na faixa adequada, ao passo que S e Cu estão abaixo desta faixa. Tais diferenças, provavelmente, ocorreram em função do tipo de solo, condições edafoclimáticas, cultivar etc. Comparando os resultados da folha+3, com os teores considerados sugeridos por Malavolta (1992) para a mesma folha, observa-se, apenas os teores de Ca, Mg e Mn, estão dentro da faixa adequada, e os demais nutrientes, encontram-se abaixo desta faixa, segundo o referido autor. Com referência ao teor de N (17,1 a 18,2  $\text{g kg}^{-1}$ ), embora seja considerado baixo por Malavolta (1992), mas para Subirós & Salas (1999) está na faixa adequada (14,5 a 22,5  $\text{g kg}^{-1}$ ) (folha+3). E ainda, os teores de N obtidos estão acima dos teores que poderiam induzir deficiência de N na cultura, segundo um levantamento do estado nutricional, realizado pelo IAC em São Paulo, citado por Malavolta et al. (1997) que é de 10,8 a 16,0  $\text{g kg}^{-1}$  (folha +3, aos 4 meses após o corte da soqueira).

Já aos nove meses após o corte, a aplicação de N na cana-de-açúcar, provocou diferença significativa para fator tipo de folha, apenas para os teores de Ca, Mg, S, Fe e Zn (Tabela 1). Assim, os teores médios de Ca, Mg, S, Fe e Zn, nas folhas +1 e +3, respectivamente, são: 4,4 e 4,1; 1,4 e 1,5; 1,1 e 1,2 ( $\text{g kg}^{-1}$ ); 21 e 36; 16 e 10 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Tabela 1). Comparando os resultados da folha+1 (Tabela 1), com os teores considerados adequados, segundo Raij & Cantarella (1997) para o mesmo tipo de folha e época de amostragem, observa-se que para o Ca, Mg e Zn, os teores estão situados na faixa adequada, ao passo que S e Fe estão abaixo desta faixa. Enquanto, os teores de Ca, Mg, S, Fe e Zn na folha+3 (Tabela 1), estão abaixo da faixa considerada adequada, segundo Malavolta (1992). Este último resultado, deve-se, possivelmente, a época de amostragem distinta, sendo que estes teores de nutrientes foram obtidos aos nove meses após a brotação, e Malavolta (1992) considera os teores adequados em folhas coletadas aos quatro meses após brotação. Para os demais nutrientes, N, P, K, B e Cu não houve diferença entre os tipos de folha (Tabela 1). Assim, os resultados médios para o teor de N, P, K, B e Cu (folha+1 e +3) respectivamente são: 16,2 a 17,0; 1,4 a 1,5; 9,7 a 9,9 ( $\text{g kg}^{-1}$ ); 11 a 14 e 3,0 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Tabela 1). Conforme, Raij & Cantarella (1997) e Malavolta (1992) os teores de N, K e Cu são considerados baixo. E os teores de P e B, estão na faixa considerada adequada e baixo, segundo Raij & Cantarella (1997) e Malavolta (1992), respectivamente.

De forma geral, salienta-se que estas diferenças entre os teores de nutriente obtidos no trabalho e os da literatura possivelmente não estão relacionados ao tipo de amostragem, visto que se utilizou os mesmos procedimentos. Assim, surgem outros fatores que podem influenciar, o seja, desde

**Tabela 1.** Efeitos da adubação nitrogenada nos teores de macro e micronutrientes nas folhas +1 e +3, aos quarto e nono mês após a corte da primeira soqueira da cana-de-açúcar. (Dados médios de quatro repetições)

Tipo de folha	g kg <sup>-1</sup>										mg kg <sup>-1</sup>					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn					
Amostragem das folhas aos 4 meses após o corte																
Folha +1	18,6 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	10,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>b</sup>	2,1 <sup>b</sup>	1,4 <sup>a</sup>	8,4	4,4 <sup>a</sup>	192	88 <sup>b</sup>	14 <sup>a</sup>					
Folha +3	17,6 <sup>b</sup>	1,4 <sup>b</sup>	7,7 <sup>b</sup>	5,6 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	1,2 <sup>b</sup>	8,7	4,2 <sup>b</sup>	186	100 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>					
Teste F (Folha)	51,63 <sup>**</sup>	6,65 <sup>*</sup>	255,01 <sup>**</sup>	295,49 <sup>**</sup>	38,61 <sup>**</sup>	23,84 <sup>**</sup>	2,65 <sup>ns</sup>	5,15 <sup>*</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	8,33 <sup>**</sup>	15,12 <sup>**</sup>					
Teste F (Dose)	9,67 <sup>**</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	2,44 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	7,86 <sup>**</sup>	1,22 <sup>ns</sup>					
Teste F (Interação)	0,97 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>					
C.V. (%)	2,4	5,8	5,2	6,3	5,4	5,7	8,0	8,0	14,2	14,1	10,9					
Amostragem das folhas aos 9 meses após o corte																
Folha +1	16,7	1,5	9,9	4,4 <sup>a</sup>	1,4 <sup>b</sup>	1,1 <sup>b</sup>	13	3	21 <sup>b</sup>	46	16 <sup>a</sup>					
Folha +3	16,7	1,5	9,9	4,1 <sup>b</sup>	1,5 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	12	3	36 <sup>a</sup>	49	10 <sup>b</sup>					
Teste F (Folha)	0,01 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	6,69 <sup>*</sup>	55,79 <sup>**</sup>	44,15 <sup>**</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>	140,08 <sup>**</sup>	2,96 <sup>ns</sup>	24,20 <sup>**</sup>					
Teste F (Dose)	1,14 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	13,92 <sup>**</sup>	0,85 <sup>ns</sup>					
Teste F (Interação)	0,38 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>					
C.V. (%)	4,4	3,3	3,8	6,9	4,2	4,5	19,2	21,7	14,3	13,0	25,7					
Raj & Cantarella(1997) <sup>1</sup>	18-25	1,5-3,0	10-16	2-8	1-3	1,5-3,0	10-30	6-15	40-250	25-250	10-50					
Malavolta (1992) <sup>2</sup>	20-22	1,8-2,0	13-15	5-7	2-2,5	1,5-2,0	20-50	8-10	80-150	50-125	25-30					

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> - não significativos, significativo a 5% e 1% de probabilidade. <sup>1</sup> Teores de nutrientes adequados, considerando a folha+1, em pleno desenvolvimento da planta; <sup>2</sup> Teores de nutrientes adequados, considerando a folha+3, aos 4 meses após a brotação da cana soca.

as condições edafoclimáticas e cultivares até nível de produtividade distintos (áreas de alto potencial produtivo pode “diluir” os nutrientes nos tecidos). Deste modo, com referência a este último fator, salienta-se que é amplamente relatado na literatura o efeito diluição, ou seja, a concentração dos nutrientes é diluída com maior crescimento da planta (Jarrell & Beverly, 1981). De forma geral, verificou-se, que o teor foliar de N e Mg diminuíram, em ambas as folhas, com a idade da planta (Tabela 1). Este fato também foi verificado por Clements (1980). Salienta-se, ainda, que na folha mais nova (+1), encontrou-se maior teor de N, P, K, S, Cu e Zn aos quatro meses após o corte e teor de Ca e Zn aos nove meses após o corte, ao passo que na folha+3, o maior teor obtido foi para Ca, Mg e Mn, coletadas aos quatro meses após o corte, e para Mg, S e Fe coletadas aos nove meses após o corte das soqueiras aos 9 meses. Normalmente, os nutrientes com maior mobilidade na planta, apresentam os teores maiores nos tecidos mais novos e os com menor mobilidade os maiores teores situam nos tecidos mais velhos. Entretanto, não se deve admitir que os nutrientes N, P, K, S, Cu e Zn apresentam maior mobilidade na cultura da cana-de-açúcar, comparado aos nutrientes Ca, Mg e Mn, visto a folha +3, não é considerado tecido velho, e sim, recém-maduro. Por outro lado, as pesquisas recentes, indicaram nova classificação de mobilidade “variável” dos nutrientes nas plantas, uma vez que a espécie de plantas e mesmo o estado nutricional interno pode alterar a dinâmica do nutriente entre os órgãos das plantas (Welch, 1999).

#### **b) Efeitos dos tratamentos no estado nutricional: segunda soqueira**

Deste modo, para o fator dose, observou-se que os tratamentos afetaram o teor de N, K, Mg, Fe e Mn aos quatro meses após o corte e o teor de N, K, Mn e Zn, aos nove meses após

o corte (Tabela 2). Assim, aos quatro meses após o corte, verificou-se que as doses de N estudadas, aumentou significativamente os teores foliares de N, K e Mn, respectivamente em: 15,3 à 18,3; 6,7 à 7,0 e 61,4 à 87,5 ( $\text{g kg}^{-1}$  e  $\text{mg kg}^{-1}$ ), independentemente do tipo de folha (dados não apresentados). Salienta-se, que os teores de K obtidos aos quatro meses após o corte, estão abaixo dos teores considerados adequados por Raij & Cantarella (1997) (10-16  $\text{g kg}^{-1}$ ) e por Malavolta et al. (1992) (13-15  $\text{mg kg}^{-1}$ ) respectivamente. Os teores de Mn estão na faixa de teores adequados, segundo Raij & Cantarella (1997) (25-250  $\text{mg kg}^{-1}$ ) e Malavolta et al. (1992) (50-125  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Enquanto, aos nove meses após o corte, as doses de N, aumentou os teores foliares de N e Mn, respectivamente em: 18,0 à 21,2  $\text{g kg}^{-1}$  e 55,4 à 73,5  $\text{mg kg}^{-1}$ , independentemente do tipo de folha (dados não apresentados), e portanto, estes teores de N estão na faixa dos teores considerados adequados por Raij & Cantarella (1997) (18-25  $\text{g kg}^{-1}$ ) e abaixo dos teores considerados por Malavolta et al. (1992) (20-22  $\text{g kg}^{-1}$ ) respectivamente, enquanto, os teores de Mn estão na faixa de teores adequados, segundo Raij & Cantarella (1997) (25-250  $\text{mg kg}^{-1}$ ) e Malavolta et al. (1992) (50-125  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Este efeito da adubação nitrogenada no aumento do teor foliar de N e Mn, também foi obtido na primeira soqueira (Tabela 1), e as explicações ditas anteriormente, aplica-se também nestes resultados da segunda soqueira.

Enquanto, para o tipo de folha, os tratamentos afetaram o teor de N, Mg, S, B, Mn e Zn aos quatro meses e também o teor de N, K, Mn e Zn, aos nove meses após o corte (Tabela 2).

Assim, pelos resultados obtidos aos quatro meses após o corte, observou-se que os teores foliares de N, Mg, S, B, Mn e Zn, foram, respectivamente, para folha+1 e +3 de: 16,8 e 16,3; 1,8 e 2,2; 1,1 e 1,2 ( $\text{g kg}^{-1}$ ); 14,5 e 15,1; 67,9 e 76,1; 18,8 e 15,4 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeitos da adubação nitrogenada nos teores de macro e micronutrientes nas folhas +1 e +3, aos quarto e nono mês após a corte da segunda soqueira da cana-de-açúcar. (Dados médios de quatro repetições)

Tipo de folha	g kg <sup>-1</sup>											mg kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn					
Amostragem das folhas aos 4 meses após o corte																
Folha +1	16,8 <sup>a</sup>	1,4	7,4	2,6	1,8 <sup>b</sup>	1,1 <sup>b</sup>	14,5 <sup>b</sup>	4,8	71,9 <sup>b</sup>	67,9 <sup>b</sup>	18,8 <sup>a</sup>					
Folha +3	16,3 <sup>b</sup>	1,4	7,1	2,7	2,2 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	15,1 <sup>a</sup>	5,1	115,7 <sup>a</sup>	76,1 <sup>a</sup>	15,4 <sup>b</sup>					
Teste F (Folha)	28,21**	1,82 <sup>ns</sup>	3,76 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	108,76**	16,23**	4,17*	1,27 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	7,28*	11,51**					
Teste F (Dose)	5,79*	1,67 <sup>ns</sup>	4,50**	0,54 <sup>ns</sup>	3,14*	0,54 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	146,32**	7,91**	1,25 <sup>ns</sup>					
Teste F (Interação)	1,00 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>					
C.V. (%)	3,7	6,8	7,4	28,4	6,5	9,4	5,8	19,9	12,2	13,3	18,3					
Amostragem das folhas aos 9 meses após o corte																
Folha +1	19,9 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	10,5 <sup>a</sup>	3,1 <sup>b</sup>	1,5 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	6,1 <sup>b</sup>	5,2	37,7 <sup>b</sup>	55,8 <sup>b</sup>	15,9					
Folha +3	19,3 <sup>b</sup>	1,6 <sup>b</sup>	9,7 <sup>b</sup>	4,0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	8,7 <sup>a</sup>	4,7	48,5 <sup>a</sup>	65,1 <sup>a</sup>	15,6					
Teste F (Folha)	6,69*	20,84**	1,33 <sup>ns</sup>	57,87**	30,76**	6,38*	60,64**	3,84 <sup>ns</sup>	32,55**	16,73**	0,38 <sup>ns</sup>					
Teste F (Dose)	22,44**	1,97 <sup>ns</sup>	42,91**	1,31 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	9,10**	3,83*					
Teste F (Interação)	0,63 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>					
C.V. (%)	3,5	2,7	3,8	10,9	7,8	8,4	14,4	18,0	13,8	11,8	8,2					
Rajj & Cantarella (1997) <sup>1</sup>	18-25	1,5-3,0	10-16	2-8	1-3	1,5-3,0	10-30	6-15	40-250	25-250	10-50					
Malavolta (1992) <sup>2</sup>	20-22	1,8-2,0	13-15	5-7	2-2,5	1,5-2,0	20-50	8-10	80-150	50-125	25-30					

<sup>ns</sup>, \*, \*\* - não significativos, significativo a 5% e 1% de probabilidade. <sup>1</sup> Teores de nutrientes adequados, considerando a folha+1, em pleno desenvolvimento da planta; <sup>2</sup> Teores de nutrientes adequados, considerando a folha+3, aos 4 meses após a brotação da cana soca.

Comparando os resultados da folha+1, com os teores considerados adequados, segundo Raij & Cantarella (1997) para o mesmo tipo de folha, observa-se para o Mg, B, Mn e Zn, os teores estão situados na faixa adequada, ao passo que o N e o S estão abaixo desta faixa adequada. Agora, nesta mesma época, comparando os resultados da Folha+3, com os teores considerados adequados, segundo Malavolta (1992) para a mesma folha, observa-se, apenas que os teores de Mg e Mn, estão dentro da faixa adequada, e os demais nutrientes, encontram-se abaixo desta faixa, segundo o referido autor. O teor de N (16,3 a 16,8 g kg<sup>-1</sup>) encontrado no trabalho é considerado baixo por Malavolta (1992).

Já aos nove meses após o corte, a adubação nitrogenada alterou os teores foliares de N, P, Ca, Mg, S, B, Fe e Mn, foram, respectivamente, para folha+1 e +3 de: 19,8 e 19,3; 1,7 e 1,6; 3,1 e 4,0; 1,5 e 1,7; 0,9 e 1,0 (g kg<sup>-1</sup>); 6,1 e 8,7; 37,7 e 48,5; 55,8 e 65,1 (mg kg<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Comparando os resultados da folha+1, com os teores considerados adequados, segundo Raij & Cantarella (1997) para esta folha, observa-se para o N, P, Ca, Mg e Mn, os teores estão situados na faixa adequada, ao passo que o S, B e o Fe estão abaixo desta faixa adequada. Enquanto, os teores de Mg, S, B e Fe na folha+3 (Tabela 2), estão abaixo da faixa considerada adequada, segundo Malavolta (1992). Para os demais nutrientes, K, Cu e Zn, não houve diferença entre os tipos de folhas (Tabela 2). Assim, os resultados médios (folha+1 e +3) para o K, Cu e Zn, respectivamente são: 10,5 a 9,7 (g kg<sup>-1</sup>); 5,2 a 4,7; 15,9 a 15,6 (mg kg<sup>-1</sup>). Conforme, Malavolta (1992) os teores de K, Cu e Zn são considerados baixo.

Assim, observou-se da mesma forma que ocorreu nos resultados da primeira soqueira, ocorreu na segunda soca, onde houve variação nos teores dos nutrientes do presente trabalho e da literatura, e portanto,

todas as inferências ditas anteriormente, aplicam-se a estes dados.

Salienta-se, ainda, que na folha mais nova (+1), foi obtido maior teor de N e Zn, aos quatro meses após o corte, e maior teor de N, P e K, aos nove meses após o corte da soqueira. Enquanto, na folha+3, houve maior teor de Mg, S, B e Mn, aos quatro meses após o corte, e de Ca, Mg, S, B, Fe e Mn, aos nove meses após o corte (Tabela 2). Nota-se, que da mesma forma que ocorreu na primeira soqueira, houve variação nos teores foliares dos nutrientes não permitindo inferências sobre a sua mobilidade na cana-de-açúcar. De toda forma, considerando-se as duas épocas de amostragem e os dois ciclos da soqueira, observou que o teor de N foi maior na folha+1, exceto aos 9 meses após o corte da primeira soqueira, e os micronutrientes (Mn ou Fe) apresentaram maior teor na folha+3 (Tabelas 1 e 2).

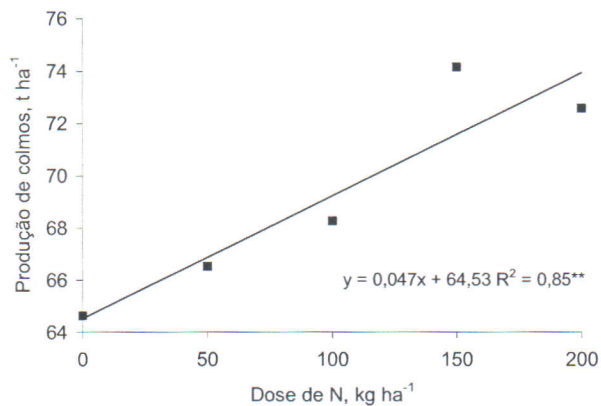
### c) Relação da produção de colmos e o estado nutricional da cana-de-açúcar

A aplicação de nitrogênio não afetou significativamente a produção da primeira soqueira (dados não apresentados), entretanto, na segunda soqueira, houve incremento linear na produção de colmos (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Muchovej & Nevenin (2004) onde estudaram a adubação nitrogenada na cana-planta e na primeira e segunda soca, e observaram efeito positivo do nutriente apenas na segunda soca.

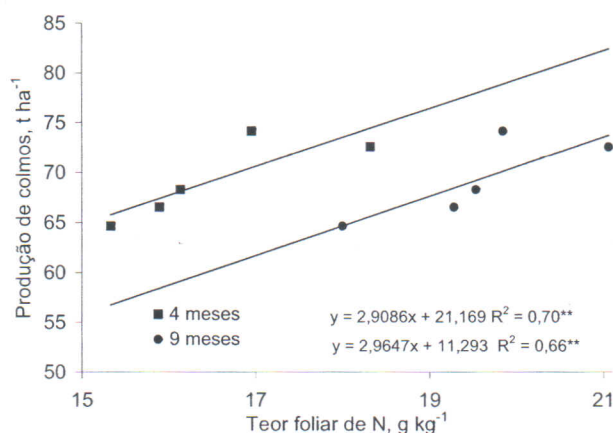
Deste modo, estabeleceu-se a relação do estado nutricional e a produção de colmos da segunda soqueira da cana-de-açúcar. Assim, observou-se que o incremento na produção da cana-de-açúcar em função das doses de N, poderia ser explicado pelo teor foliar de N, visto a correlação significativa do teor de N e a produção de colmos, tanto em amostras coletadas aos 4 meses como aos 9 meses após o corte (Figura 2). Estes resultados concordam com Sobrinho & Sáez



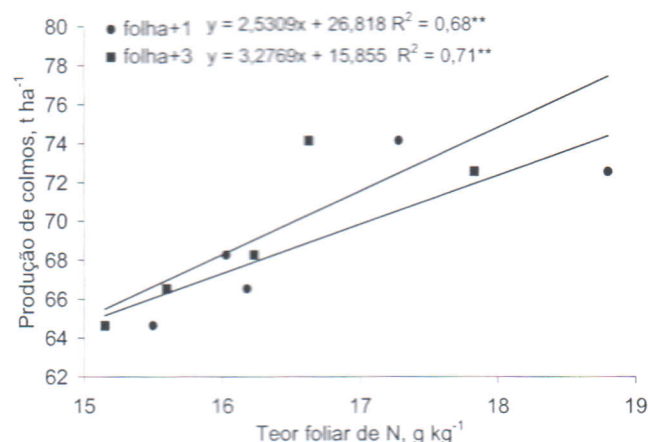
(1999) que observaram a relação do N foliar e a produção da cana-de-açúcar na Costa Rica, entretanto, discordam Yates (1965) em estudos conduzidos na Austrália.



**Figura 1.** Efeito da aplicação de nitrogênio na produção de colmos da cana-de-açúcar (2ª soqueira).

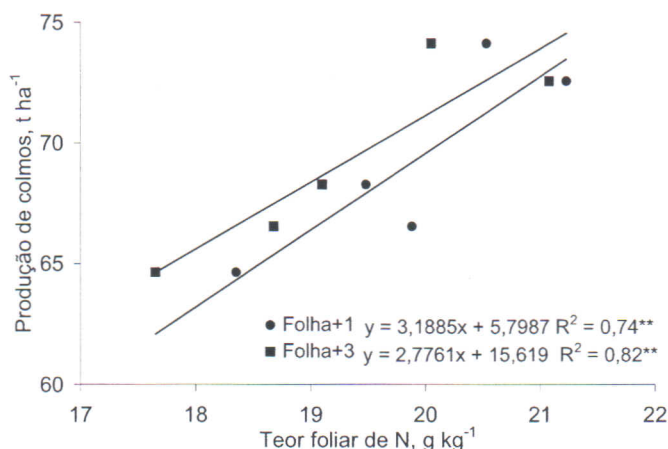


**Figura 2.** Relação do teor foliar de N (médio da folha +1 e +3), aos 4 e 9 meses após o corte e a produção de colmos da 2ª soqueira.



**Figura 3.** Relação do teor foliar de N (médio da folha +1 e +3), aos 4 e 9 meses após o corte e a produção de colmos da 2ª soqueira.

Observa-se, ainda, que a relação entre o teor foliar e a produção apresentou um coeficiente de determinação maior em amostras da folha+3, em relação a folha+1, aos 4 meses (Figura 3) e aos 9 meses após o corte (Figura 4). Deste modo, estes resultados indicam que a folha diagnóstica +3, mostra-se a mais sensível aos efeitos da adubação e portanto, é mais adequada para a diagnose foliar em soqueiras de cana-de-açúcar. A indicação da folha+3, para a diagnose da cana-de-açúcar, também foi sugerida por Gallo et al. (1968) e Malavolta (1992) no Brasil e por Gascho & Thein (1983) nos Estados Unidos. E tendo em vista a semelhança do teor foliar em explicar a produção nas duas épocas de amostragem, o uso dos resultados da diagnose foliar de forma mais precoce seria mais interessante do ponto de vista agrônomo, pois permitiria eventual correção de desordem nutricional no mesmo ano agrícola, e portanto auxiliando melhor ajustes em programas de adubação para a cultura.



**Figura 4.** Relação do teor foliar de N (médio da folha +1 e +3), aos 4 e 9 meses após o corte e a produção de colmos da 2ª soqueira.

### CONCLUSÕES

As alterações na composição química nas folhas +1 e +3 da cana-de-açúcar, ocorreram independentemente das doses de nitrogênio empregadas.

A amostragem da folha+3, coletada aos quatro meses após o corte da planta, mostrou-se mais adequado para a diagnose foliar na cultura da cana-de-açúcar.

### AGRADECIMENTOS

A FAPESP pelo auxílio concedido à pesquisa (Processo 2004/07787-7).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R., GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- CLEMENTS, H.F. *Crop logging of sugarcane—principles and practices*. Honolulu (HI): University of Hawaii Press.1980.
- CLEMENTS, H.F. **Sugarcane nutrition and culture**. Lucknow: Indian Institute Research, 1959. 89p.

DOLINSKI, M.A., MONTE SERRAT, B., MOTTA, A.C.V. et al. Produção, teor foliar e qualidade de frutos do pessegueiro 'Chimarrita' em função da adubação nitrogenada, na região de Lapa-PR. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.27, n.2, p.285-299,2005.

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo pela análise foliar. **Bragantia**, v.27, p.365-82, 1968.

GASCHO, G.J.; THEIN, S. *Diagnostico del contenido de nutrientes minerales en cana de azucar. Método de muestras*. In: Seminarios Interamericanos de la cana de azucar. Fertilidad y manejo de suelos. Florida International University. Miami. p. 328-349,1983.

HOLFORD, I.C.R. Nutrient status of sugar cane in relation to leaf nutrient concentration. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.8, n.34, p.606 - 614, 1968.

JARRELL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v.34, p.187-224, 1981.

JONES JR.J.B., WOLF B., MILLS E.A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Micro-Macro Publishing, Athens, USA, 1991.203p.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992.124p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MUCHOVEJ, R.M.; NEWMAN, P.R. Nitrogen fertilization of sugarcane on a sandy soil: II. soil and groundwater

- analyses. **Journal American Society Sugar Cane Technologists**, v. 24, p.210-224,2004 .
- ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO, JR., E. **Diagnose foliar**. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.) *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba, IAA-PLANALSUCAR, 1983.p.125-152.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes da cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 129-135, 2002
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. **Outras culturas industriais**. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p.233-239.(Boletim técnico, 100).
- SAMUELS, G.; LANDRAU JR., P.; ALERS, S. Influence of height of cane and leaf stage at time of sampling on leaf nutrients contents. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v.44, p.11-15, 1960.
- SMITH P.F. Leaf analysis of citrus. In: CHILDERS N.F.(ed.). **Nutrition of fruit crops**. Horticultural Publications Rutgers, New Jersey, USA,1966. pp.208-228.
- SUBIRÓS, J.; SALAS, R.F. Obtención de las normas DRIS en una zona productora de caña de azúcar (*Saccharum* spp) en Guanacaste, Costa Rica. **Agronomía Costarricense**, v.23,n.2,p. 137-147,1999.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar: amostragem e interpretação**. Campinas, Fundação Cargill, 1983.18p.
- WELCH, R.M. Importance of seed mineral nutrient reserves in crop growth and development. In: Rengel Z (ed). **Mineral nutrition of crops: Fundamental mechanisms and implications**. Food Products Press, New York, 1999, p.205-226.
- YATES, R.A. Calibration of soil and leaf analyses for the control of sugar-cane fertilization rates in Southern Queensland. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16,n.3,p.367-384,1965.