

Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar¹

Gabriel Vassílios Píperas², José Eduardo Creste³, Fábio Rafael Echer⁴

RESUMO

O sistema integrado de recomendação e diagnose (DRIS) permite a detecção de limitações nutricionais e sua correção. O objetivo deste trabalho foi estabelecer as normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar em diferentes níveis de produtividade. Utilizaram-se resultados da análise química de folhas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn e as respectivas produtividades de 78 áreas comerciais coletadas na Usina Cocal, em Paraguaçu Paulista, SP, nos meses de outubro e novembro de 2007. Utilizou-se para a formação do banco de dados a divisão em seis níveis produtivos, de 100, 110, 120, 130, 140 e 150 t ha⁻¹, com o estabelecimento de todas as relações binárias entre os nutrientes estudados; então calcularam-se a média, o desvio-padrão e a variância para cada concentração de nutriente, como também para as relações entre esses, em cada subpopulação, sendo mantidas 55 relações que apresentaram a maior razão na variância entre as subpopulações. Calcularam-se o índice de cada nutriente, o IBN de cada população e o potencial de resposta à aplicação de cada nutriente. Foram encontradas diferenças significativas entre os teores de nutrientes e as produtividades das diferentes variedades utilizadas, sendo a RB 935744 a mais produtiva. As relações binárias entre nutrientes apresentaram valores distintos nas diferentes populações estudadas. O nível produtivo de 140 t ha⁻¹ mostrou maior correlação entre o índice de balanço nutricional e a produtividade, sendo selecionado para definição das normas DRIS. Os nutrientes que apresentaram em ordem decrescente maior potencial de resposta à adubação foram B > Mn > Cu > S.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., produtividade, teor foliar de nutrientes, avaliação nutricional.

ABSTRACT

DRIS evaluation of the nutritional status of sugar cane

The Diagnosis and Recommendation Integrated System allows the detection of nutritional disorders and their correction. The objective of this work was to establish DRIS norms for sugarcane crop at different yield levels. Results of leaf chemical analysis of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn, with the respective yields of 78 commercial fields collected at Cocal Sugar Mill, in Paraguaçu Paulista, São Paulo State, Brazil, between October and November of 2007 were used for the analyses. For database formation, the sugarcane crop was divided in six yield levels: 100, 110, 120, 130, 140 and 150 t ha⁻¹, with the establishment of all binary relations between the studied nutrients, then, mean, standard deviation and variance were calculated for each nutrient concentration, as well as for the relations among them, in each sub-population. Fifty-five relations that presented the largest ratio in the variance among the sub-populations were maintained. The index of each nutrient, NII (nutritional imbalance index) of each population and the

Recebido para publicação em novembro de 2008 e aprovado em outubro de 2009

¹ Universidade do Oeste Paulista

² Engenheiro-Agrônomo, Mestrando em Agronomia, Produção Vegetal. Universidade do Oeste Paulista, Campus I, Rua José Bongiovani, 700, Jd Bongiovani, 19050-920, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. gabrielpiperas@hotmail.com

³ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Universidade do Oeste Paulista, Campus I, Rua José Bongiovani, 700, Jd Bongiovani, 19050-920, Presidente Prudente São Paulo, Brasil. jcreste@unoeste.br

⁴ Engenheiro-Agrônomo, Doutorando em Agricultura, Rua José Barbosa de Barros, 1780. Cx Postal 237 - Departamento de Agricultura, FCA - Unesp - Botucatu. CEP: 18610-307, São Paulo, Brasil. fabioecher@gmail.com

potential of response to nutrient application were calculated. Significant differences were found among nutrient contents and yields of the different varieties, and RB 935744 was found the most productive variety. The binary relations between nutrients presented different values in the studied populations. The yield level of 140 t ha⁻¹ gave higher correlation between NII and yield, being selected for the definition of the DRIS norms. The nutrients that showed in descending order the greatest potential for response to fertilization were: B>Mn>Cu>S.

Key words: *Saccharum officinarum* L., yield, leaf nutrient content, nutritional evaluation.

INTRODUÇÃO

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) foi originalmente proposto por Beaufils (1973) como o método da diagnose fisiológica que objetivou avaliar a influência de fatores climáticos na produção da seringueira.

Os dados para composição das normas DRIS podem ser oriundos tanto de experimentos de adubação como de áreas de plantios comerciais. Quando são utilizados resultados de áreas comerciais, geralmente os dados não seguem a distribuição normal, sendo necessária a normalização das populações com base em suas produtividades, assim Beaufils (1973) propôs a divisão dos dados, ou o ponto de corte, em dois subgrupos, um de alta e outro de baixa produtividade.

Os valores das concentrações e as relações entre concentrações dos nutrientes para o subgrupo mais produtivo permanecem normalmente distribuídos, e são utilizados como referência no estabelecimento dos padrões do DRIS. A média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação de cada subgrupo são calculados para todas as relações possíveis entre os nutrientes (Beaufils, 1973).

De acordo com Beaufils (1973) e Walworth & Sumner (1987), não existem critérios específicos para dividir as duas populações. Para Letzsch & Sumner (1984), a população-referência deve conter pelo menos 10% do total de populações avaliadas.

Malavolta (2006) preconiza que o nível utilizado para separação das populações de alta e baixa produtividades deve corresponder a 80% da produtividade máxima. Porém, no trabalho de Hoogerheide (2005) utilizou-se critério específico para separação das populações de alta e baixa produtividades, que contemplou a população que apresentou a melhor relação entre o Índice de Balanço Nutricional (IBN) e a produtividade.

No decorrer do tempo, o DRIS sofreu algumas modificações, com o objetivo de aperfeiçoar a interpretação e o entendimento do método, como é o caso da proposta metodológica para o cálculo das funções, feitas por Jones (1981) e Elwali & Gascho (1984).

Para Walworth & Sumner (1987), o DRIS é um método matemático que permite ordenar um grande número de

relações binárias entre nutrientes na forma de índices, que podem ser facilmente interpretados. Inicialmente, as normas de referência precisam ser determinadas para todas as relações nutricionais, para serem utilizadas no cálculo dos índices.

Normas DRIS têm sido utilizadas na detecção de limitações nutricionais e no aprimoramento da interpretação dos resultados da análise foliar de várias culturas e em vários países (Stalenga, 2007; Guindani, 2007; Rocha *et al.*, 2007; Urano, 2006; Silva, 2006; Kurihara, 2004; Reis Júnior & Monnerat, 2003 a,b; Reis Júnior *et al.*, 2002).

Em cana-de-açúcar, normas DRIS foram estabelecidas por Beaufils & Sumner (1976), Elwali & Gascho (1983), Elwali & Gascho (1984), Reis Jr. & Monnerat (2002) e Reis Jr & Monnerat (2003 a,b). Para Elwali & Gascho (1984), o DRIS em cana-de-açúcar mostrou-se superior na avaliação e na recomendação de adubação em relação à análise do solo e ao nível crítico, pois se obteve maior produtividade com a utilização do DRIS.

Reis Júnior & Monnerat (2002) compararam as normas DRIS estabelecidas por Beaufils & Sumner (1976), Elwali & Gascho (1983) e por Reis (1999) para a cana-de-açúcar, cultivada em diferentes locais, e concluíram que existem diferenças significativas nas diferentes normas estabelecidas, mas na falta de normas DRIS locais, é válida a utilização das normas universais.

Este trabalho teve por objetivo estabelecer as normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar cultivada na região de Paraguaçu Paulista, Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em lavouras comerciais de cana-de-açúcar pertencentes à Usina Cocal, localizada no município de Paraguaçu Paulista, SP, com sede definida pelas seguintes coordenadas: 22° 58' de latitude Sul e 48° 36' de longitude Oeste, altitude média de 475 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima regional é do tipo Cfa, ou clima temperado úmido com verão quente.

A maioria das lavouras estavam localizadas em solos que foram classificados, de acordo com a Embrapa (1999),

como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, de textura média e relevo suave ondulado. De acordo com a análise química do solo, realizada segundo Raij *et al.*, (2001), os talhões apresentaram variações nos teores de nutrientes na profundidade de 0 a 20 cm, que foram: pH (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹) 4,9 a 6,2; 10,2 a 32,3 g dm⁻³ de MO; 14 a 38 mg dm⁻³ de P_{resina}; 0,8 a 3,0 mmol_c dm⁻³ de K; 2,0 a 9,1 mmol_c dm⁻³ de Ca; 1,0 a 6,3 mmol_c dm⁻³ de Mg; 20,0 a 110 mmol_c dm⁻³ de CTC; saturação por bases (V) de 38 a 66%; 2,1 a 7,4 mg dm⁻³ de S; 5,0 a 17,5 mg dm⁻³ de Mn; 20 a 57 mg dm⁻³ de Fe; 0,1 a 1,1 mg dm⁻³ de Cu; 0,3 a 3,5 mg dm⁻³ de Zn; e 0,1 a 0,3 mg dm⁻³ de B. As áreas comerciais apresentaram tamanho médio de 100 ha (± 20).

O plantio foi realizado entre março e dezembro de 2006, sendo a calagem e a adubação realizadas de acordo com a necessidade de cada área, baseando-se na recomendação de Raij & Cantarella (1997), sendo utilizada a saturação por bases de 60% como referência.

O presente trabalho foi desenvolvido tomando-se os resultados de análise química de folhas (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) de cana-de-açúcar, obtidos nas diferentes áreas de produção da usina Cocal.

Foram coletadas amostras foliares de 120 talhões, e após modelagem dos dados utilizaram-se 78 amostras para formação do banco de dados, em uma área de aproximadamente 10 mil ha. Nessas áreas predominaram os cultivares de cana 'RB 72454', 'RB 845210', 'RB 935744' e 'SP 81.3250'. A época de amostragem variou de outubro a novembro de 2007, com a coleta da porção central, sem a nervura, da folha +3 num total de aproximadamente 40 folhas por talhão, conforme método de coleta e de análise indicada por Malavolta (2006). Após a colheita, realizada entre outubro de 2007 e janeiro de 2008, os dados de produtividade foram obtidos na Usina Cocal.

O manejo fitossanitário da cultura, nas diferentes áreas, foi realizado de acordo com as necessidades da lavoura, incluindo monitoramento de pragas e doenças, controle químico de plantas daninhas, aplicações de inseticidas e fungicidas, cujas recomendações basearam-se em Lorenzi (2000), Gallo *et al.* (2002) e Andrei (2005).

Para a formação do banco de dados, o conjunto de dados foi dividido em seis níveis de produtividade, 100, 110, 120, 130, 140 e 150 t ha⁻¹. Então, separou-se cada nível de produtividade em duas subpopulações, a de alta (A) e a de baixa produtividade (B). Assim, obteve-se no nível 150 a subpopulação A com produções iguais ou superiores a 150,0 t ha⁻¹ e subpopulação B com produções abaixo de 150,0 t ha⁻¹.

Feito isso, estabeleceram-se todas as relações binárias possíveis entre os nutrientes estudados, num total de 110 relações ($n(n-1)$), em que n representa o número de nutrientes estudados. Então, calcularam-se a média (\bar{X}_A e \bar{X}_B), o desvio-padrão (Sd_A e Sd_B) e a variância (S^2_A e S^2_B)

B) para cada concentração de nutriente, como também para as relações entre esses, em cada subpopulação, de acordo com Gomes (1981). Das 110 relações foram escolhidas apenas 55, sendo conservadas aquelas que apresentaram a maior razão na variância entre as subpopulações (VB/VA) (Walworth & Sumner, 1987).

Para o cálculo da relação normal reduzida dos teores de dois nutrientes, utilizou-se o método de Jones (1981), em que: $f(A/B) = [(A/B) - (a/b)/s].K$, em que $f(A/B)$ é a função calculada da relação de nutrientes A e B; A/B é a relação de nutrientes da amostra a ser diagnosticada; a/b e s são a média e o desvio-padrão das relações A/B de nutrientes da população utilizada para definir as normas; e K é a constante de sensibilidade que, neste trabalho, foi igual a 1.

O índice DRIS de um nutriente representa a média aritmética dos quocientes do teor de determinado nutriente com os teores dos demais, em que: $\text{Índice } A = \{[f(A/B) + f(A/C) + \dots + f(A/N)]\}/n$, sendo que n o número de relações em que o nutriente em estudo aparece, sendo o sinal negativo utilizado quando o nutriente em estudo encontra-se no denominador e o sinal positivo quando no numerador. O índice de balanço nutricional – IBNm consiste no somatório, em módulo, de todos os índices envolvidos, e foi obtido pela seguinte expressão (Sumner, 1977):

$$IBN = [\text{índice } A] + [\text{índice } B] + \dots + [\text{índice } N].$$

Os índices DRIS foram interpretados pelo potencial de resposta à adubação, de acordo com Wadt (1996), sendo classificados como negativo (quando $|I_{Nut}| > IBNm$ e $I_{Nut} > 0$), positivo (quando $|I_{Nut}| > IBNm$ e $I_{Nut} < 0$) e neutro, em que $IBNm = IBN/z$; I_{Nut} é o índice DRIS para o nutriente estudado; $IBNm$ é o índice de balanço nutricional médio; e z é o número de nutrientes avaliados, que neste estudo foi igual a 11.

Para a análise estatística utilizou-se o teste F, e as médias foram comparadas pelo teste t a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças encontradas na composição mineral das folhas influenciadas pelas variedades são apresentadas na Tabela 1 para os macronutrientes, micronutrientes e para a produtividade.

A variedade mais produtiva entre as estudadas foi a RB 935744, com média de 125,94 t ha⁻¹. Pode-se verificar que nessa variedade o teor da maioria dos nutrientes como o N, P, Ca, Mg, S, Cu e Zn foi maior em relação aos teores das demais. Os altos coeficientes de variação, principalmente de S e Mn, são, de certa forma, considerados normais por se tratar de uma condição de campo, em que existem diferenças nos teores desses nutrientes no solo, e considerando que as lavouras seguiram o programa de adubação da empresa.

Tabela 1. Variações nos teores de macro e micronutrientes e da produtividade em variedades de cana-de-açúcar

Variedade	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹						Produção t ha ⁻¹
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
RB72454	13,5 b	1,87 b	12,8 b	2,54 b	1,48 b	1,02 b	6,55	4,24 b	103,9 b	58,59 ab	16,69 b	94,27 ab	
RB845210	14,2 b	2,07 b	15,7 ab	2,75 b	1,85 b	1,09 b	7,55	3,52 b	117,5 b	85,53 a	18,03 b	82,91 b	
RB935744	16,5 a	2,55 a	16,8 a	5,45 a	3,55 a	2,15 a	7,49	9,10 a	141,1 a	89,15 a	32,45 a	125,94 a	
SP81-3250	14,2b	1,73b	17,3a	2,06b	0,86c	0,85b	7,48	4,16b	153,8a	33,57b	16,03b	109,4 ab	
(Quadrado Médio)													
Variedade	7,67**	0,63**	94,23**	7,19**	5,95**	1,03**	6,10 ^{ns}	19,12**	10174**	8875**	170,6**	2774*	
Erro	2,01	0,11	10,25	0,42	0,15	0,19	1,82	1,46	278	776	10,19	977,00	
CV (%)	10,2	17,4	21,95	25,50	26,50	42,40	19,20	29,1	14,01	45,8	18,46	32,74	
Dms	1,59	0,37	3,59	0,73	0,44	0,48	1,51	1,36	18,70	31,3	3,58	35,07	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t; ns: não significativo; e * e **: significativos à 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Apesar da variedade RB 935744 apresentar maiores teores de nutrientes que as demais variedades na diagnose foliar, ela apresentou teores de N e de B inferiores aos teores indicados como adequados por Raij & Cantarella (1997) e Malavolta (2006).

Alguns trabalhos têm demonstrado diferenças nos teores foliares de nutrientes em função das diferenças varietais. De acordo com as premissas relatadas por Beaufils (1973) e Walworth & Sumner (1987), o DRIS é menos sensível a essas variações, fato esse bastante interessante em situações de diagnose nutricional, principalmente quando estão envolvidos diferentes materiais genéticos.

Os valores médios de macronutrientes e de micronutrientes encontrados em todos os níveis de produtividade, tanto para a subpopulação de alta produção (A) como a de baixa produção (B), encontram-se na Tabela 2.

De acordo com as normas DRIS propostas por Reis Jr & Monerat (2003a), em 126 lavouras de cana-de-açúcar houve relação positiva e significativa entre os teores foliares e índices DRIS, e os teores foliares adequados em populações de alta produtividade foram de 13,4 g kg⁻¹ de

N; 1,9 g kg⁻¹ de P; 12,2 g kg⁻¹ de K; 3,0 g kg⁻¹ de Ca; 2,1 g kg⁻¹ de Mg; 1,6 g kg⁻¹ de S; 4,5 mg kg⁻¹ de Cu; 67,8 mg kg⁻¹ de Mn; e 11,7 mg kg⁻¹ de Zn. Os autores concluíram que as normas desenvolvidas foram importantes na detecção e na correção de desequilíbrios nutricionais e no aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

Uma vez calculados todos os valores foliares médios para todos os nutrientes em estudo, em função dos diferentes níveis de produtividade, realizou-se o diagnóstico dos dados gerais existentes, utilizando-se as normas preliminares de DRIS obtidas, com o propósito de se verificar a concordância dos resultados obtidos pelos diferentes métodos de definição do nível de corte. Esses cálculos envolveram os valores médios para a subpopulação de alta produtividade (A), realizando-se a primeira utilização das normas desenvolvidas considerando-se os padrões presentes na Tabela 2, independentemente da variedade, sendo utilizada a fórmula de cálculo das funções intermediárias proposta por Jones (1981), com a inclusão no diagnóstico do índice da produção de matéria seca (IMS), proposto por Hallmark *et al.* (1987).

Tabela 2. Concentrações médias de macro e micronutrientes em folhas de cana-de-açúcar em função do ponto de corte escolhido para a diferenciação das subpopulações de alta produção (A) e de baixa produtividade (B)

Produtividade (t ha ⁻¹)	Sub-população	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
150	A	14,70	2,05	15,70	2,85	1,60	1,03	8,66	4,33	131,85	71,80	17,83	
	B	13,87	1,90	14,53	2,55	1,49	1,03	6,95	4,15	118,52	60,24	17,26	
140	A	15,33	2,04	17,99	2,84	1,41	1,07	7,96	4,19	142,63	55,63	18,91	
	B	13,77	1,90	14,25	2,53	1,50	1,02	6,95	4,16	116,89	61,34	17,13	
130	A	14,87	1,90	14,78	2,53	1,43	0,88	7,11	4,70	125,05	54,98	17,29	
	B	13,58	1,91	14,52	2,57	1,51	1,08	7,01	3,98	117,18	62,85	17,29	
120	A	14,86	1,93	14,98	2,73	1,56	0,98	7,12	5,03	125,30	56,37	18,42	
	B	13,49	1,90	14,42	2,49	1,46	1,05	7,00	3,78	116,49	62,81	16,79	
110	A	14,61	1,92	15,15	2,71	1,53	1,04	7,02	4,67	123,49	54,90	18,19	
	B	13,50	1,90	14,26	2,48	1,47	1,02	7,05	3,86	116,67	64,34	16,76	
100	A	14,54	1,95	15,45	2,70	1,50	1,07	6,91	4,61	123,06	53,68	18,26	
	B	13,50	1,89	14,02	2,47	1,49	1,00	7,12	3,87	116,66	65,54	16,65	

Na Tabela 3, verifica-se que existe grande diferença entre os teores foliares das populações mais produtivas para as menos produtivas, especialmente nos teores de N e K. Resultados semelhantes foram observados por Reis Júnior & Monerat (2003b), em que foram verificadas diferenças significativas entre os teores foliares de nutrientes e as razões entre os nutrientes selecionados como normas DRIS das populações de alta e baixa produtividades.

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 4 verificam-se diferenças nos diagnósticos proporcionados pelo DRIS por meio de normas diferentes, originadas dos níveis produtividade de 150 e 140 t ha⁻¹.

Sumner (1990) revisou o método DRIS e salientou que se deve ter em mente que os índices somente classificam os nutrientes numa ordem relativa, da qual não se pode automaticamente inferir que qualquer nutriente em particular esteja deficiente, mas somente que ele é insuficiente relativamente aos outros nutrientes. Entretanto, mesmo que um índice seja mais negativo, uma resposta em produtividade pode não ser obtida necessariamente, pois pode haver outro fator mais limitante. De acordo com Sumner (1990), quando corretamente utilizado, tanto o método tradicional quando o DRIS podem ser eficientes e úteis no fornecimento de informações que auxiliem o diagnóstico nutricional da cultura.

Conforme relatado, observa-se na Tabela 4 que, utilizando pontos de corte em diferentes níveis de produtividade, o diagnóstico nutricional pode variar, como é o caso da amostra 7, que no nível de produtividade de 150 t ha⁻¹

apresentou o Mg como nutriente mais deficiente, no entanto com a mesma população; quando selecionada a norma gerada com o ponto de corte no nível de 140 t ha⁻¹, o P passou a ser o nutriente mais deficiente.

Ruíz-Bello & Cajuste (2002) utilizaram os índices DRIS para avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar cultivada em casa de vegetação e submetida à aplicação de diferentes doses de N, P e K, em duas épocas e em dois locais, e concluíram que o método DRIS foi útil na detecção de uma deficiência oculta, pois quando o diagnóstico feito empregando índices DRIS dos nutrientes foi comparado ao realizado com níveis críticos dos nutrientes, a variação encontrada foi mínima.

Segundo Beaufils (1973) não existe um método concreto para a definição do nível de corte entre as duas subpopulações, sendo mais importante a validade dos resultados finais obtidos. Com base nesta afirmação e revendo-se um dos conceitos básicos do DRIS, no que diz respeito ao Índice de Balanço Nutricional (IBN), procurou-se utilizar esse fator no auxílio da definição das normas que alicerçarão todo o trabalho de diagnose nutricional.

O IBN, como mencionado, é o somatório dos valores absolutos de todos os índices nutricionais envolvidos no diagnóstico e, por definição, seus valores estão correlacionados negativamente com a produção. Com base nesta hipótese, formulou-se a Tabela 5, em que são apresentados, para cada uma das amostras existentes, diagnosticadas pelos diferentes critérios o valor de seu respectivo IBN, segundo o critério adotado, a produção e

Tabela 3. Concentrações de nutrientes em de folhas de cana-de-açúcar utilizadas para o teste de normas de DRIS desenvolvidas, segundo os diferentes critérios

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Produção t ha ⁻¹
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
1	15,1	2,1	17,4	3,2	1,3	1,3	8,0	4,0	193,0	47,0	17,0	161,0
2	14,3	1,9	11,6	3,5	2,2	0,8	10,0	5,0	129,0	97,0	20,0	159,0
3	16,2	2,2	17,6	2,7	1,5	1,0	10,0	4,0	98,0	62,0	18,0	153,0
4	13,2	2,0	16,2	2,0	1,4	1,0	7,0	4,0	108,0	82,0	16,0	153,0
5	15,1	1,8	18,7	1,3	0,8	0,7	6,0	4,0	138,0	30,0	16,0	133,0
6	14,6	1,8	16,3	2,4	0,8	1,1	6,0	4,0	163,0	23,0	17,0	131,0
7	14,6	1,5	14,7	2,1	0,9	0,7	10,0	5,0	150,0	51,0	15,0	131,0
8	12,6	2,0	16,6	1,7	1,6	0,7	6,0	5,0	107,0	85,0	20,0	131,0
9	13,4	1,9	13,2	3,2	1,2	1,5	8,0	3,0	94,0	51,0	17,0	116,0
10	15,1	2,0	18,8	2,7	1,6	1,6	6,0	3,0	112,0	27,0	18,0	115,0
11	14,0	1,9	13,8	2,6	1,6	1,2	7,0	3,0	133,0	59,0	18,0	114,0
12	12,6	2,0	16,3	2,7	1,9	1,7	6,0	3,0	116,0	85,0	18,0	114,0
13	13,2	1,9	15,6	2,6	1,4	0,5	6,0	5,0	101,0	66,0	18,0	87,0
14	15,4	1,8	10,8	2,6	1,5	1,2	6,0	6,0	95,0	81,0	14,0	87,0
15	14,6	1,5	16,3	1,5	0,7	0,9	9,0	5,0	168,0	40,0	14,0	84,0
16	13,2	1,8	12,2	2,0	1,5	1,1	7,0	4,0	131,0	116,0	20,0	84,0
17	14,3	1,7	13,3	1,8	1,5	1,2	7,0	4,0	102,0	40,0	17,0	77,0
18	11,8	1,6	10,4	1,8	1,0	0,5	7,0	4,0	83,0	52,0	14,0	77,0
19	14,3	2,1	12,4	2,1	1,9	0,5	7,0	6,0	97,0	31,0	11,0	77,0
20	12,6	1,9	12,5	2,8	1,2	1,4	5,0	2,0	100,0	41,0	17,0	75,0

Tabela 4. Diagnóstico nutricional de cana-de-açúcar segundo normas de DRIS desenvolvidas com populações de referência com produtividades acima de 150 e de 140 t ha⁻¹

Produtividade t ha ⁻¹	Amostra	IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IB	ICu	IFe	IMn	IZn	IMS	IBN	Deficiente	Excessivo
150	1	0,1	0,1	0,4	0,6	-0,8	1,0	-0,5	-0,6	1,3	-1,2	-0,2	-0,1	6,8	Mn	Fe
140	1	-0,3	0,0	-0,1	0,4	-0,3	0,6	-0,1	-0,3	1,0	-0,4	-0,6	-0,1	4,2	Zn	Fe
150	2	-0,4	-0,7	-1,2	0,6	1,1	-1,0	0,3	0,5	-0,1	0,8	0,3	-0,3	7,2	K	Mg
140	2	-0,6	-0,6	-1,5	0,8	1,3	-1,1	0,6	0,4	-0,4	1,3	0,1	-0,2	8,9	K	Mn/Mg
150	3	0,5	0,3	0,5	-0,1	-0,2	-0,2	0,8	-0,3	-0,8	-0,3	0,1	-0,2	4,3	Fe	B
140	3	0,3	0,4	0,1	-0,1	0,2	-0,1	0,8	-0,1	-1,3	0,1	-0,1	-0,1	3,6	Fe	B
150	4	-0,3	0,3	0,3	-1,1	-0,1	0,2	-0,6	0,4	-0,3	0,8	-0,2	0,5	5,1	Ca	Mn
140	4	-0,4	0,3	0,1	-1,0	0,2	0,2	-0,2	0,3	-0,6	1,2	-0,4	0,5	5,2	Ca	Mn
150	5	2,1	0,2	1,9	-2,8	-2,5	-1,0	-0,8	1,5	1,2	-2,2	1,0	1,1	18,1	Ca	N
140	5	1,1	0,1	0,8	-2,2	-0,9	-0,6	-0,2	0,7	0,6	-0,7	0,3	0,9	9,0	Ca	N
150	6	1,3	-0,1	1,0	0,1	-2,7	1,0	-1,1	1,2	1,3	-3,8	1,1	0,8	15,4	Mn	N
140	6	0,3	-0,3	0,2	-0,1	-1,0	0,5	-0,3	0,4	0,9	-1,1	-0,1	0,7	5,9	Mn	Fé
150	7	1,2	-1,8	0,3	-0,7	-2,3	-1,2	1,4	2,0	1,1	-0,5	-0,4	0,8	13,7	Mg	Cu
140	7	0,5	-1,4	-0,1	-0,5	-0,9	-0,9	1,2	0,9	0,7	0,1	-0,4	0,8	8,3	P	B
150	8	-0,6	0,5	0,5	-1,9	0,5	-1,2	-1,6	0,8	-0,3	0,8	1,7	0,4	10,9	Ca	Zn
140	8	-0,7	0,4	0,2	-1,7	0,7	-1,0	-0,6	0,7	-0,6	1,4	0,9	0,5	9,4	Ca	Mn
150	9	-0,1	0,0	-0,5	1,0	-0,7	2,4	0,0	-1,8	-0,7	-0,6	0,5	0,6	9,0	Cu	S
140	9	-0,4	0,1	-0,7	0,8	-0,2	1,8	0,3	-0,8	-1,2	0,0	-0,2	0,5	7,0	Fe	S
150	10	1,0	0,3	1,5	0,4	1,2	2,7	-1,5	-2,7	-0,2	-3,8	1,1	0,4	16,9	Mn	S
140	10	0,2	0,2	0,4	0,0	0,7	1,9	-0,4	-1,2	-0,6	-1,0	-0,2	0,3	7,1	Cu	S
150	11	0,1	-0,2	-0,3	0,0	0,5	1,1	-0,5	-1,8	0,3	-0,3	0,9	0,5	6,5	Cu	S
140	11	-0,2	-0,2	-0,6	-0,1	0,6	0,7	0,0	-0,9	0,0	0,2	0,0	0,4	3,9	Cu	S
150	12	-0,7	0,3	0,4	0,1	1,2	2,9	-2,3	-4,0	-0,3	0,8	1,5	0,3	14,8	Cu	S
140	12	-1,1	0,2	-0,2	-0,2	1,3	2,2	-0,9	-2,1	-0,7	1,3	-0,1	0,2	10,5	Cu	S
150	13	0,1	0,4	0,5	0,2	-0,1	-2,5	-2,3	2,0	-0,3	0,2	0,9	0,7	10,2	S	Cu
140	13	-0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	-2,0	-0,9	1,3	-0,7	0,7	0,3	0,6	7,9	S	Cu
150	14	1,2	-0,6	-1,6	0,1	0,0	1,4	-2,0	2,5	-0,8	0,7	-1,3	0,4	12,5	B	Cu
140	14	0,6	-0,4	-1,5	0,0	0,4	0,9	-0,9	1,7	-1,2	1,1	-1,2	0,4	10,4	Zn	Cu
150	15	1,6	-1,7	0,9	-2,2	-3,8	0,1	1,1	2,6	1,8	-1,2	-0,5	0,9	18,3	Mg	Cu
140	15	0,7	-1,2	0,3	-1,7	-1,4	0,1	0,9	1,1	1,1	-0,3	-0,6	0,9	10,3	Ca	Cu/Fe
150	16	-0,3	-0,6	-1,0	-1,2	0,0	0,7	-0,9	-0,5	0,2	1,6	1,5	0,4	8,9	Ca	Mn
140	16	-0,5	-0,5	-1,1	-1,3	0,2	0,4	-0,3	-0,2	0,0	2,5	0,5	0,4	8,0	Ca	Mn
150	17	0,8	-0,7	-0,4	-1,4	0,7	1,5	-0,1	0,0	-0,3	-1,5	0,5	0,9	8,8	Mn	S
140	17	0,5	-0,5	-0,4	-1,3	0,7	1,1	0,2	0,1	-0,6	-0,4	0,1	0,8	6,8	Ca	S
150	18	0,4	0,1	-0,5	-0,6	-0,9	-1,8	0,2	1,7	-0,4	0,0	0,0	1,8	8,4	S	Cu
140	18	0,1	0,1	-0,7	-0,5	-0,2	-1,4	0,4	1,1	-0,8	0,5	0,0	1,5	7,1	S	Cu
150	19	1,4	1,8	-0,2	-0,5	2,0	-2,4	-0,2	3,1	-0,2	-2,9	-2,9	0,9	18,5	Mn/Zn	Cu
140	19	0,5	1,4	-0,5	-0,4	1,8	-1,9	0,1	1,9	-0,6	-0,8	-2,2	0,7	12,9	Zn	Cu
150	20	0,2	0,8	-0,2	1,0	-0,1	2,6	-1,9	-3,3	-0,3	-1,1	1,6	1,1	14,3	B	S
140	20	-0,4	0,5	-0,6	0,6	0,1	1,8	-0,6	-1,4	-0,7	-0,2	0,0	0,9	7,8	Cu	S

o coeficiente de correlação calculado entre IBN e a produção. Observa-se que o maior coeficiente de correlação (r) entre o IBN e a produtividade usada para o ponto de corte foi de -0,46, obtido com 140 t ha⁻¹, razão pela qual essa produtividade foi utilizada para definição das normas no presente trabalho.

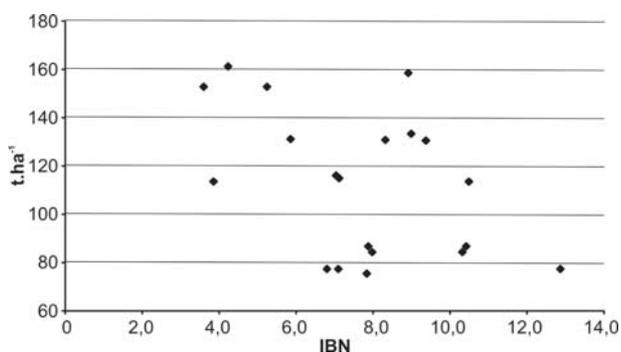
A importância da relação negativa encontrada entre os valores do IBN com os valores das produções obtidas pode ser entendida pela definição relatada em Beaufils (1973), a qual mostra que situações ótimas de nutrição não necessariamente traduzem-se em altas produtivida-

des, pois outros fatores podem estar afetando a produção, porém em situações de deficiência ou excesso (desequilíbrio nutricional), decididamente não se pode obter altas produtividades.

Com base nos valores encontrados para o IBN e também com as produções obtidas, considerando-se normas desenvolvidas com pontos de corte em produtividades acima de 80 t ha⁻¹, a Figura 1 traz a dispersão dos valores do IBN e da produtividade de cana-de-açúcar. Nota-se que as populações com maior IBN apresentaram as menores produtividades.

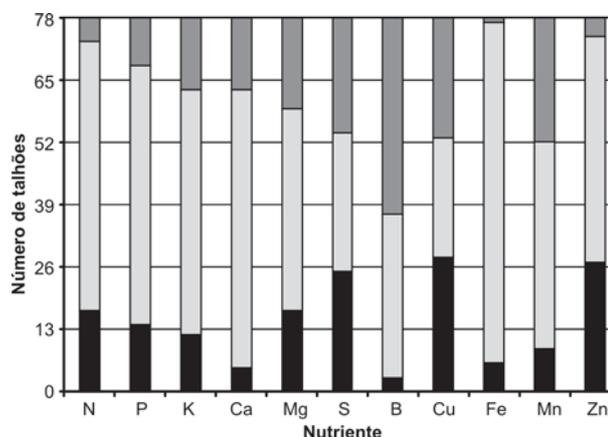
Tabela 5. Coeficientes de correlação calculados entre o IBN e a produtividade, segundo os diferentes pontos de corte adotados para obter a população de referência

Amostra	IBN						Produção (t ha ⁻¹)
	150	140	130	120	110	100	
1	6,8	4,2	6,8	6	5,5	5,5	161,0
2	7,2	8,9	8,3	6,9	7,4	7,8	159,0
3	4,3	3,6	4,7	4,3	4,1	4,2	153,0
4	5,1	5,2	5,3	4,9	4,3	4,3	153,0
5	18,1	9	6,9	7,3	7,5	7,4	133,0
6	15,4	5,9	5,8	5,4	5,1	5	131,0
7	13,7	8,3	6,1	6	6,6	6,8	131,0
8	10,9	9,4	6,7	6,3	6,9	6,8	131,0
9	9	7	8	6,3	5,4	5,4	116,0
10	16,9	7,1	8,8	7,7	6,4	6,2	115,0
11	6,5	3,9	4	3,6	2,9	3	114,0
12	14,8	10,5	11,4	9,5	7,7	7,5	114,0
13	10,2	7,9	5,6	4,9	5,6	5,6	87,0
14	12,5	10,4	7,2	6,5	6,4	6,5	87,0
15	18,3	10,3	8,7	9,1	9,2	9,3	84,0
16	8,9	8	7,4	7	6,4	6,5	84,0
17	8,8	6,8	5,9	5,2	4,7	4,7	77,0
18	8,4	7,1	5,6	5	5,7	5,9	77,0
19	18,5	12,9	8,4	8,5	9,1	9,5	77,0
20	14,3	7,8	8,7	6,9	5,9	5,7	75,0
r	-0,38	-0,46	-0,24	-0,23	-0,24	-0,23	

**Figura 1.** Dispersão dos valores do IBN e da produtividade de cana-de-açúcar.

A Figura 2 mostra o potencial de resposta à aplicação dos nutrientes em todas as populações estudadas. Os nutrientes que apresentaram maior potencial de resposta à adubação (potencial positivo) foram o B > Mn > Cu > S, e isso confirma os resultados apresentados na Tabela 4, onde se observa que o B foi um dos nutrientes mais deficientes e que apresentou índices negativos, portanto com potencial de resposta à adubação. A deficiência de B nos solos brasileiros está associada aos baixos teores de matéria orgânica do solo, sendo essa a principal fonte de B às plantas (Abreu *et al.*, 2007).

Já para os nutrientes que mais se apresentaram em excesso, foram o Cu > Zn > S > N. No caso do Cu e do Zn, cerca de 1/3 da população amostrada mostrou excessos relativos aos outros nutrientes. O S aparece entre os nu-

**Figura 2.** Potencial de resposta à adubação nas lavouras diagnosticadas pelas normas DRIS.

trientes com potencial positivo e também com potencial negativo de resposta à aplicação de nutrientes, isso porque aproximadamente 1/3 da população mostrou-se em equilíbrio (potencial neutro), 1/3 apresentou potencial positivo e 1/3 da população teve potencial negativo de resposta à adubação com esse nutriente.

CONCLUSÕES

Dentre as diversas produtividades adotadas como ponto de corte, a de 140 t ha⁻¹ foi a que melhor se correlacionou com o IBN da população amostrada. Os diagnósticos realizados com base em normas DRIS mos-

traram desequilíbrios variados entre os diferentes talhões da população amostrada. Os nutrientes que apresentaram maior potencial de resposta à adubação em todas as populações amostradas foram o B, Mn, Cu e S.

REFERÊNCIAS

- Abreu CA, Lopes AS & Santos G (2007) Micronutrientes. In: Novais RF, Alvarez VVH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL (eds). Fertilidade do Solo. Viçosa, SBCS/UFV. p. 645-736
- Andrei E (2005) Compêndio de defensivos agrícolas. 7 ed. São Paulo, Livrocere, 1142 p.
- Beaufils ER (1973) Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition, Pietermaritzburg, Department of Soil Science and Agro-meteorology, University of Natal (Sudafrica). 131 p. (Soil Science Bulletin 1).
- Beaufils ER & Sumner ME (1976) Application of the DRIS approach for calibrating soil and plant factors in their effects on yield of sugarcane. In: 50th Proceedings of the South Africa Sugar Technology Association, South Africa, Proceedings, SASA. p. 118-124.
- Elwali AMO & Gascho GJ (1983) Sugarcane Response to P, K and DRIS Corrective Treatments on Florida Histosols. *Agronomy Journal*, 75:79-83.
- Elwali AMO & Gascho GJ (1984) Soil testing, foliar analysis and DRIS as a guide for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, 76:466-470.
- Embrapa CNPS (1999) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Embrapa-SPI. 412 p.
- Gallo D, Nakano O, Silveira Neto S & Pereira R (2002) Entomologia agrícola. Piracicaba, FEALQ. 920 p.
- Gomes FP (1981) Curso de Estatística Experimental. 9. ed. São Paulo, Nobel, 430 p.
- Guindani RHP (2007) Dris para avaliação do estado nutricional do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 92p.
- Hallmark WB, Walworth JL, Sumner ME, Mooy CJ, Pesek J & Shao KP (1987) Separating limiting from non-limiting nutrients. *Journal of Plant Nutrition*, 10: 1381-1390.
- Hoogerheide HC (2005) DRIS para avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do cerrado brasileiro. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 94p.
- Jones CA (1981) Proposed modifications for DRIS for interpreting plant analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 12:785-794.
- Kurihara CH (2004) Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 101p.
- Letsch WS & Sumner ME (1984) Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 15:997-1006.
- Lorenzi H (2000) Manual de identificação e de controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 5. ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 379 p.
- Malavolta E (2006) Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres. 638p.
- Raij BV, Andrade JC, Cantarella H & Quaggio JA (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico. 284p.
- Raij BV & Cantarella H (1997) Outras culturas industriais. In: Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA & Furlani AMC. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas, IAC. p.233-244. (Boletim, 100).
- Reis Jr RA (1999) Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Tese de doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 141p.
- Reis Jr. RA & Monnerat PH (2002) Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, South Africa and the United States. *Journal of Plant Nutrition*, 25:2831-2851.
- Reis Jr. RA & Monnerat PH (2003a) DRIS norms validation for sugarcane crop. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:379-385.
- Reis Jr. RA & Monnerat PH (2003b) Norms establishment of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:277-2825.
- Reis Jr RA, Corrêa JB, Carvalho JG & Guimarães PTG (2002) Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:801-808.
- Rocha AC, Leandro WM, Rocha AO, Santana JG & Andrade JWS (2007) Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. *Bioscience Journal*, 23:50-60.
- Ruiz-Bello A & Cajuste LJ (2002) Controlling fertilizer applications through plant analysis. *Communications in soil science and plant analysis*, 33:2793-2802.
- Silva MAC (2006) Métodos de avaliação do estado nutricional do algodoeiro no centro-oeste do Brasil. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 87 p.
- Stalenga J (2007) Applicability of different indices to evaluate nutrient status of winter wheat in the organic system. *Journal of Plant Nutrition*, 30:351-365.
- Sumner ME (1990) Advances in the use and application of plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21:1409-30.
- Sumner ME (1977) Application of Beaufils' diagnostic indices to corn data published in literature irrespective of age and conditions. *Plant and Soil*, 46:359-363.
- Urano EOM, Kurihara CH, Maeda S, Vitorino ACT, Gonçalves MC & Marchetti ME (2006) Avaliação do estado nutricional da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:1421-1428.
- Wadt PGS (1996) Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de *Eucalyptus*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 123 p.
- Walworth JL & Sumner ME (1987) The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Advances in Soil Science*, 6:149-88.