

# Estabelecimento e validação de normas DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil

Marcos Antonio Camacho da Silva<sup>1\*</sup>, William Natale<sup>2</sup>, Euclides Braga Malheiros<sup>2</sup> e Aurélio Pavinato<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Rod. Aquidauna/Piraputanga, km 12, 70200-000, Aquidauna, Mato Grosso do Sul, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>SLC Agrícola, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: camacho@uems.br

**RESUMO.** Visando estabelecer normas para o DRIS na cultura do algodão, um produto agrícola em franca expansão no território nacional e com significativa contribuição econômica no PIB brasileiro, o presente trabalho estudou lavouras comerciais de municípios do Norte do Estado de Mato Grosso do Sul e Centro-Sul do Estado de Mato Grosso. Os resultados indicaram que a escolha da relação modifica a interpretação dos resultados, exceto quando é utilizada a metodologia proposta por Elwali e Gascho, pois, neste caso, os índices nutricionais convergem independentemente do método de escolha das relações. O método DRIS otimiza o gerenciamento das informações nutricionais do algodoeiro, e é possível detectar os nutrientes limitantes nas lavouras desta cultura.

**Palavras-chave:** avaliação nutricional, diagnose foliar, *Gossypium hirsutum* v. *latifolium*.

**ABSTRACT.** DRIS norms for cotton growth in the center-west region of the Brazil. With the objective of establishing DRIS norms for cotton culture – an agricultural product in frank expansion in Brazil and with a significant contribution to that country's GDP – the present work studied commercial crops of cities in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul State, Brazil. The results indicated that the choice of ratio (A/B or B/A) modifies the interpretation of the results, except when the methodology by Elwali e Gascho was used, because the nutritional index converge regardless of the ratio method chosen. The DRIS method optimizes the management of cotton nutritional data, identifying the limiting nutrients in this culture.

**Key words:** nutritional evaluation, leaf diagnosis, *Gossypium hirsutum* v. *latifolium*.

## Introdução

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), idealizado por Beaufils (1973), atualmente é utilizado para avaliar o estado nutricional das culturas, ainda que originalmente possuísse propósitos menos específicos, pois visava diagnosticar fatores diversos que influenciassem a produção agrícola, podendo também estabelecer faixas de suficiência (SILVA et al., 2007). Este método de análise possui, teoricamente, vantagens sobre os univariados de comparação, uma vez que são consideradas as relações entre nutrientes; logo, possíveis interações entre estes serão contempladas, uma vez que quanto maior o número de nutrientes que se avalia maior será o ganho na avaliação (HOLLAND, 1966).

Os métodos univariados como nível crítico (NC) e faixa de suficiência (FS) são muito utilizados na agricultura moderna, e no caso específico da cultura do algodoeiro, existem

padrões para comparação apenas por esses métodos, que podem ser encontrados em boletins técnicos. Os valores para NC e FS são, na maioria das vezes, estabelecidos em experimentos de calibração, em que características genéticas, ambientais e as interações entre nutrientes são controladas. Uma alternativa para os experimentos de calibração é o aproveitamento de informações de monitoramento nutricional feito em talhões comerciais, esta aproveitada pelo DRIS.

Embora esta técnica já esteja bastante difundida no Brasil, algumas culturas não foram ainda contempladas, como é o caso da cultura do algodoeiro, que tem grande importância na balança comercial (mundial e nacional). A cotonicultura pode possibilitar uma das maiores taxas de retorno para o produtor agrícola, porém proporciona maiores riscos financeiros para o cotonicultor, uma vez que exige alto nível tecnológico e investimentos para sua implantação (AGRIANUAL, 2005).

No território nacional, esta cultura ocupa cerca de 1,2 milhão de hectares, com produtividade média de 2.900 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2006). O cultivo desta fibrosa destaca-se nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (AGRIANUAL, 2005), predominantemente em áreas originalmente com vegetação de cerrado.

Mesmo sendo uma das culturas com maior nível de tecnificação, ainda hoje são utilizados métodos de avaliação do estado nutricional para esta cultura baseados em padrões estabelecidos entre as décadas de 60 e 80, oriundos de estudos com variedades bem menos produtivas do que as encontradas atualmente no mercado agrícola brasileiro.

Esse diagnóstico pode ser contemplado por ampla revisão da literatura científica nacional, a qual indica que estes “padrões” foram definidos para variedades menos produtivas e em outros sistemas de produção, diferentes dos praticados atualmente na região do cerrado, definidos como de alta tecnologia, com colheita mecanizada, utilização de reguladores de crescimento (FERRARI et al., 2008), dentre outras técnicas.

Desse modo, conforme relatado por pesquisadores e técnicos que atuam diretamente com a adubação do algodoeiro, seu sistema produtivo passou por grandes transformações na década de 90 e no início deste século, gerando a necessidade de padrões e técnicas nutricionais que possam diagnosticar, adequadamente, o estado nutricional do algodoeiro e, conseqüentemente, indicar o correto manejo da adubação. A técnica do DRIS pode auxiliar nesta adequação, inclusive por ter a flexibilidade de permitir a inserção de novos dados para o cálculo dos padrões (normas); pode ser atualizada após cada safra, resultando em grande avanço na diagnose nutricional do algodoeiro.

Tendo em vista a importância da cultura, a utilização de métodos de monitoramento nutricional com alto potencial de resposta é desejável. Para estabelecer normas DRIS que efetivamente contribuam para um programa de monitoramento do estado nutricional é necessário testar todas formas de cálculos dos índices nutricionais e, posteriormente, indicar as normas. Estas comparações foram realizadas para algumas culturas no Brasil, como é o caso da seringueira (BATAGLIA; SANTOS, 1990), eucalipto (WADT et al., 1998) e citros (MOURÃO FILHO et al., 2002), dentre outras. A comparação entre as formas de cálculo torna-se pertinente, uma vez que há concordância entre os autores sobre as possíveis diferentes interpretações, dependendo do tipo de procedimento DRIS utilizado.

Com o objetivo de estabelecer as normas DRIS para o algodoeiro, este trabalho avaliou os diferentes métodos de cálculos e formas de escolha das relações para o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação.

### Material e métodos

As informações do monitoramento nutricional provêm de 152 amostras, coletadas no período correspondente a três safras (2000/2001 a 2002/2003), são oriundas de talhões comerciais dos municípios de Costa Rica, Estado do Mato Grosso (com coordenadas geográficas 18°15' S e 53°12' W, altitude de aproximadamente 790 m, solo do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e clima úmido a subúmido, com precipitação média anual de 1.940 mm concentrada no verão), Diamantino, Estado do Mato Grosso (com coordenadas geográficas 14°04' S e 56°27' W, altitude de aproximadamente 621 m, solo do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e clima subúmido com precipitação anual média de 2.108 mm) e Sapezal, Estado do Mato Grosso (com coordenadas geográficas 13°56' S e 58°53' W, altitude de aproximadamente 642 m, solo do tipo Latossolo Vermelho distrófico e clima sub-úmido com precipitação anual média de 2.163 mm).

O manejo da cultura, nos diferentes locais, foi realizado de acordo com as condições da lavoura, tais como aplicações de defensivos agrícolas (inseticidas, herbicidas e fungicidas), de adubos e de corretivos. Dentre as variedades utilizadas, destacam-se: Delta Pine Acala 90, Delta Opal e FM 966. A calagem foi realizada pelo método da saturação por bases, utilizando  $V_2 = 60\%$ , preconizado por Silva e Raij (1996), sendo a dose mínima usada 0,8 t ha<sup>-1</sup> e a dose máxima, 5,5 t ha<sup>-1</sup>.

Por ocasião da semeadura, nas safras 2000/01 e 2001/02 foram aplicados, aproximadamente, 440 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 06-27-13 (+ 6% Ca; 2,5% S; 0,5% Zn; 0,6% B; 0,8% Mn e 0,4 Cu), enquanto na safra 2002/03 foram utilizados 335 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 06-36-06 (+ 2% S; 0,5% Zn; 0,8% Mn; 0,4% Cu e 0,6% B). Exceção feita no município de Diamantino na primeira safra, onde a quantidade da fórmula utilizada foi de 360 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 02-19-00 (11,4% S; 17% Ca; 0,5% Zn; 0,6% Mn; 0,3% Cu; 0,2% B; 0,025% Mo e 0,0025Co). A adubação de cobertura foi realizada em três etapas, e a quantidade total de nutrientes aplicados encontram-se na Tabela 1. Foram realizadas pulverizações foliares, porém, após a coleta de folhas.

**Tabela 1.** Quantidade de nutrientes aplicados em cobertura na cultura do algodão.

Local	Safra	N	K <sub>2</sub> O	S	B
kg ha <sup>-1</sup>					
Costa Rica	2000/01	95	65	53	0,9
	2001/02	95	64	51	0,7
	2002/03	101	102	54	1,6
Diamantino	2000/01	117	48	55	1,1
	2001/02	93	64	50	0,7
	2002/03	94	84	48	1,0
Sapezal	2000/01	116	90	53	1,1
	2001/02	107	77	52	1,1
	2002/03	103	105	53	1,6

Avaliaram-se os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, sendo a variável dependente a produtividade do algodoeiro (kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço). As amostras foram compostas por folhas completas (limbo+pecíolo) e, segundo o preconizado por Ribeiro et al. (1999), retiradas na quinta posição a partir do ápice, na haste principal durante o período de florescimento da cultura, compreendendo os estádios fenológicos F2 a F4, conforme classificação de Marur e Ruano (2001). As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar (65°C ± 5°C). Após a secagem, foram moídas e submetidas à determinação química dos nutrientes, conforme metodologia proposta em Bataglia et al. (1983).

Para o cálculo do DRIS, a população de alta produtividade (ou população de referência) constituiu-se das áreas cujas produtividades foram maiores que a produtividade média das áreas mais um desvio-padrão (m + s), sendo este valor aproximadamente 4.500 kg ha<sup>-1</sup> (o que equivale a 300 @ ha<sup>-1</sup>), considerada uma boa produtividade no cerrado brasileiro. Foram testados dois métodos de escolha da relação a ser utilizada e dois métodos de cálculos das funções DRIS.

A média, o coeficiente de variação e a variância foram calculados para o grupo de referência ou alta produtividade (áreas com produtividades > 300

@ ha<sup>-1</sup>) e de baixa produtividade (áreas com produtividades < 300 @ ha<sup>-1</sup>), utilizando as relações diretas e inversas (Ex.: A/B ou B/A). Para cada par de nutriente, a forma de expressão do quociente entre eles que forneceu a maior razão de variância entre o grupo de baixa produtividade e de referência foi selecionada para ser usada no DRIS, conforme descrito por Walworth et al. (1986) e Hartz et al. (1998).

A avaliação englobou os métodos de escolha das relações entre os nutrientes, denominadas de fator F e r, respectivamente. O fator F é calculado levando-se em consideração a divisão da população estudada em duas subpopulações (padrão-PD e de baixa produtividade-BP) com produtividades distintas, sendo a escolha da relação A/B ou B/A definida pela relação entre as variâncias destas relações, em que a relação escolhida será resultado oriundo da seguinte análise:

$$\text{se } \frac{s^2(A/B)_{PD}}{s^2(A/B)_{BP}} \geq \frac{s^2(B/A)_{PD}}{s^2(B/A)_{BP}}$$

Então, a relação que constituirá as normas DRIS será (A/B), caso contrário, a relação será (B/A). O fator r é encontrado por meio da correlação entre as relações de nutrientes (A/B e B/A) e a produtividade, sendo escolhida a relação de maior módulo para correlação com a produtividade.

Além da escolha das relações, foram testadas as funções utilizadas para o cálculo do DRIS, propostas originalmente por Beaufils (1973) e a fórmula de Beaufils (1973) modificada por Elwali e Gascho (1984).

Para testar essas formas de cálculo, as 152 amostras originais usadas para o estabelecimento da população de referência deste trabalho foram agrupadas, conforme utilizado em Bataglia et al. (2004), em 16 classes de produtividade com os respectivos teores médios de nutrientes nas folhas, conforme apresentação na Tabela 2. O agrupamento foi realizado dividindo as classes de produtividade a cada 200 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Teores médios de nutrientes em folhas de algodoeiros com diferentes classes de produtividade.

Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1.805	26,8	3,9	15,5	25,8	8,8	5,4	67,0	6,0	165,0	157,0	76,0
2.533	37,9	3,3	21,8	23,0	6,5	3,2	44,4	8,7	281,7	58,3	39,3
2.700	39,6	3,2	21,8	19,5	5,3	4,7	58,3	8,0	199,5	54,0	75,0
2.903	46,3	3,5	26,0	19,1	6,2	3,9	54,1	8,0	175,0	85,0	58,0
3.120	48,8	3,6	25,1	22,9	5,2	4,1	56,5	9,6	354,3	77,5	51,5
3.259	56,9	3,6	21,6	25,0	4,7	3,9	62,0	8,5	404,2	44,5	40,2
3.472	51,9	3,2	18,2	23,0	5,5	3,9	58,2	9,1	320,4	67,4	43,9
3.682	49,8	4,2	23,6	26,8	4,9	4,6	66,2	9,7	501,7	49,9	43,7
3.900	46,4	3,1	16,8	21,4	4,8	3,6	56,6	11,3	187,1	81,3	52,8
4.092	44,0	3,6	17,2	23,4	4,8	4,0	59,0	10,5	261,0	62,7	44,1
4.313	42,4	3,8	19,7	25,1	5,1	4,3	49,3	10,3	202,1	55,6	45,3
4.498	42,6	3,8	18,4	27,6	5,3	4,7	63,7	9,2	259,3	85,2	44,4
4.676	42,1	3,8	19,1	28,3	5,9	4,7	62,1	9,4	202,5	55,0	38,1
4.924	36,0	4,0	17,9	28,3	5,2	4,9	52,0	9,7	256,8	61,3	37,0
5.034	41,8	4,2	19,0	30,3	5,4	5,6	65,2	8,8	265,2	57,2	39,4
5.337	37,0	4,2	18,1	27,0	6,3	5,5	58,0	10,0	174,0	34,0	40,0

Com a fórmula do DRIS, calcularam-se índices relativos para os nutrientes que são negativos ou positivos, cuja soma será igual a zero. Os índices negativos e positivos indicam deficiência e excesso, respectivamente, e números próximos a zero indicam teores adequados. Após o cálculo do índice de cada nutriente ( $I_N, I_P, \dots$ ), foi estabelecido o índice de balanço nutricional (IBN).

## Resultados e discussão

Os métodos de escolha para a relação de nutrientes a serem utilizados (valores  $r$  ou  $F$ ) provocam diferenças significativas na interpretação dos resultados obtidos a partir do DRIS, exceto quando se utiliza a metodologia proposta por Elwali e Gascho (1984).

A fórmula da função proposta por Elwali e Gascho (1984) possui maior flexibilidade, uma vez que as relações só assumem valores diferentes de zero quando estão fora do intervalo de confiança compreendido entre  $m \pm s$  (em que  $m$  = média e  $s$  = desvio-padrão).

Os métodos de cálculos dos índices para o DRIS influenciaram resultado final, uma vez que a correlação entre os mesmos, conforme observado na Tabela 3, é diferente em função da relação de nutrientes escolhida e do cálculo da função. Estes resultados evidenciam que o método proposto por Beaufils (1973) e o por Elwali e Gascho (1984) possuem alta correlação entre si.

**Tabela 3.** Matriz de correlação entre os índices de balanço nutricional obtidos a partir de três funções e duas formas de escolha das relações.

		Elwali e Gascho (1984)	
		F	r
Beaufils (1973)	F	0,94	0,91
	r	0,98	0,99

Diferenças entre os métodos de cálculos DRIS produziram índices de diferentes valores, o que pode gerar diferentes interpretações sobre uma mesma amostra. Wadt et al. (1998) encontraram resultados semelhantes quando estudaram estes métodos de cálculo DRIS para populações de eucalipto. Ressalta-se que os autores interpretaram estes índices por meio do potencial de resposta à adubação, uma vez que a cultura estudada era perene e, após o diagnóstico, poderia ser realizada adubação. No caso do algodoeiro, que é uma cultura de cultivo anual, estas informações poderiam ser utilizadas para eventuais adubações foliares e, com maior frequência, para fertilizações na safra subsequente.

Embora as possíveis formas de cálculo do método possam ser utilizadas, as normas (média, desvio-padrão e coeficiente de variação das relações elencadas) são apresentadas na Tabela 4. Neste caso, aproximadamente 40% das relações escolhidas foram coincidentes entre os métodos  $F$  e  $r$ , embora este seja um evento probabilístico.

O método de escolha das funções proposto por Nick (1998), denominado valor  $r$ , tem sua fundamentação na correlação direta entre a relação de nutrientes estudada e a produtividade: logo, a diferença entre  $A/B$  e  $B/A$  pode não ser significativa, pois sempre será selecionada a maior correlação. Por exemplo, para as relações  $B/Cu$  e  $Cu/B$ , os valores do coeficiente de correlação com a produtividade foram de 0,19 e 0,15. Ainda que 0,19 seja uma correlação maior, esta pode não ser diferente estatisticamente. Então, o critério baseado na correlação simples entre a relação estudada e a produtividade não seria o mais adequado, a menos que a maior correlação seja bem maior, evidenciando realmente a colaboração pela escolha deste método.

As deficiências nutricionais detectadas pelo método DRIS foram semelhantes. Para o método de cálculo originalmente proposto por Beaufils (1973) foi observada a seguinte sequência para o número de deficiências:  $Zn < N < Cu < K < B < Mn < P = Mg < Fe < Ca < S$ , quando da utilização do método  $r$ , e  $N = Cu < Fe = Zn < K < Mn < B < P < S < Ca < Mg$ , quando utilizado o método  $F$ . Observa-se, então, que o diagnóstico pode ser diferente dependendo da relação utilizada. Este fenômeno é também observado por meio dos índices calculados pelo método de Elwali e Gascho (1984), que indicou a limitação nutricional na seguinte sequência:  $N < Zn < Cu < K = Fe = Mn < P = B < Mg < Ca < S$  (método  $r$ ) e  $N < Cu = Zn < K = Mn < Fe < B < P = Mg < Ca = S$  (método  $F$ ). Destaca-se que a forma de escolha da relação pelo valor  $r$  utilizando as metodologias de Beaufils (1973) resultou na maior limitação dada por  $S$ ,  $Ca$  e  $Fe$ , e o  $Mg$  apareceu na quarta posição, em ambos os casos.

Nas lavouras avaliadas, foi aplicado  $N$ , fornecendo, em média,  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  deste nutriente a cada safra, sendo as quantidades mínima e máxima de  $118$  e  $141 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente. De acordo com algumas recomendações (STAUT; KURIHARA, 2001; SILVA; RAIJ, 1996), a quantidade de  $N$  fornecida supriu integralmente a demanda da planta deste nutriente. Sousa e Lobato (2004) indicam que a quantidade máxima de  $N$  a ser aplicada em cada cultivo pode chegar a  $155 \text{ kg ha}^{-1}$ .

**Tabela 4.** Normas DRIS para a população de plantas de algodoeiro avaliada.

Relação	Média	Desvio padrão	Valor		Relação	Média	Desvio padrão	Valor	
			r	F				r	F
N/Mg	7,427	1,382	X		S/P	1,257	0,408	X	X
N/S	9,162	3,339		X	S/K	0,265	0,082		X
N/B	0,716	0,217	X	X	S/Mg	0,932	0,414	X	X
N/Cu	4,671	1,739		X	S/B	0,087	0,036	X	X
N/Fe	0,207	0,098		X	S/Fe	0,025	0,013	X	X
N/Mn	0,766	0,301	X		S/Mn	0,095	0,049	X	X
P/N	0,100	0,021	X	X	S/Zn	0,126	0,034	X	X
P/K	0,216	0,039		X	B/P	15,106	2,975	X	
P/Ca	0,141	0,020	X		B/Ca	2,128	0,509	X	
P/B	0,069	0,013		X	B/Cu	7,095	3,489		X
P/Cu	0,460	0,172	X	X	B/Fe	0,288	0,101		X
P/Fe	0,019	0,007		X	B/Mn	1,131	0,466		X
P/Mn	0,076	0,029		X	B/Zn	1,664	0,751	X	X
P/Zn	0,109	0,040	X		Cu/N	0,239	0,074	X	
K/N	0,473	0,109	X	X	Cu/S	2,048	0,714	X	X
K/P	4,793	0,893	X		Cu/B	0,171	0,069	X	
K/Ca	0,667	0,113	X	X	Cu/Fe	0,051	0,029	X	
K/Mg	3,459	0,833	X	X	Cu/Mn	0,181	0,087		X
K/S	4,125	1,179	X	X	Cu/Zn	0,244	0,062		X
K/B	0,327	0,081	X		Fe/N	6,006	2,991	X	
K/Cu	2,109	0,600	X	X	Fe/P	58,973	23,997	X	
K/Fe	0,095	0,040			Fe/K	13,056	6,639	X	
K/Mn	0,364	0,175	X	X	Fe/Ca	8,263	3,400	X	
Ca/N	0,718	0,152	X	X	Fe/Mg	43,149	20,588	X	
Ca/P	7,237	1,075		X	Fe/B	3,978	1,630	X	
Ca/Mg	5,229	1,059	X	X	Fe/Cu	29,662	21,254		X
Ca/S	6,364	2,241	X	X	Fe/Mn	4,294	2,027	X	
Ca/B	0,496	0,121		X	Fe/Zn	6,883	4,717	X	
Ca/Cu	3,294	1,237	X	X	Mn/N	1,535	0,715		X
Ca/Fe	0,140	0,051		X	Mn/P	16,107	9,227	X	X
Ca/Mn	0,547	0,241		X	Mn/Ca	2,243	1,228	X	
Ca/Zn	0,779	0,272	X	X	Mn/B	1,086	0,594	X	
Mg/N	0,139	0,027		X	Mn/Cu	7,046	3,697	X	
Mg/P	1,443	0,385	X	X	Mn/Fe	0,303	0,195		X
Mg/B	0,098	0,031	X	X	Mn/Zn	1,624	0,812	X	X
Mg/Cu	0,647	0,249	X	X	Zn/N	1,005	0,290	X	X
Mg/Fe	0,028	0,011		X	Zn/K	2,228	1,018	X	X
Mg/Mn	0,106	0,043	X	X	Zn/Cu	4,413	1,409	X	
Mg/Zn	0,152	0,056	X	X	Zn/Fe	0,217	0,134		X
S/N	0,125	0,046	X						

O S e o Ca foram, respectivamente, os nutrientes identificados como deficientes um maior número de talhões. O S esteve deficiente na grande maioria dos talhões, de acordo com a metodologia DRIS, variando de 109 a 116 talhões, o que perfaz aproximadamente 75% dos talhões avaliados. A partir deste resultado, pressupõe-se que, ou a quantidade de enxofre fornecida não foi suficiente, ou a quantidade de outros nutrientes está muito elevada, o que seria indicado como uma deficiência por meio dos cálculos DRIS.

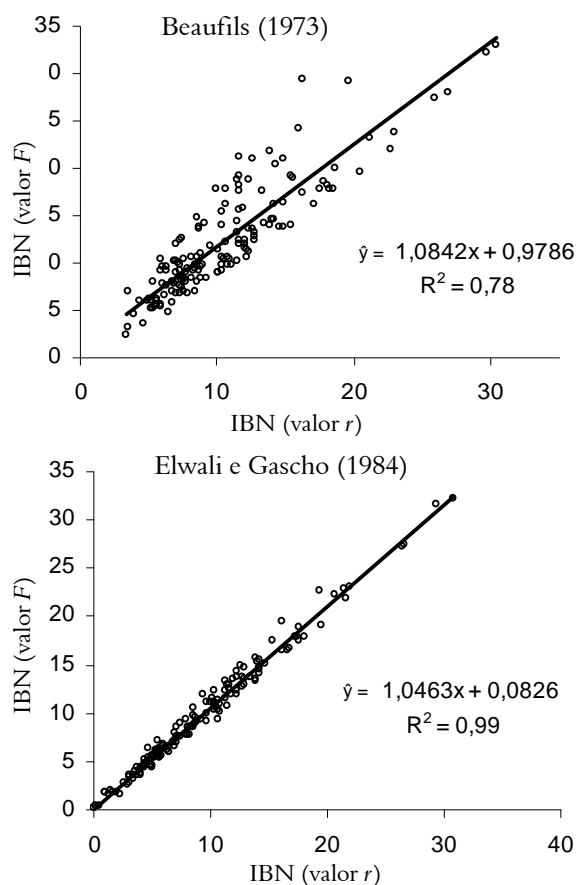
De acordo com Silva e Rajj (1996), a quantidade de enxofre a ser aplicada é de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup>. Esta quantidade foi suprida nas áreas estudadas, pois foram aplicados, em média, 60 kg de S ha<sup>-1</sup>, variando de 50 a 70 kg de S ha<sup>-1</sup>, em Sapezal, Estado do Mato Grosso nos anos agrícolas 2000/2001 e 2002/2003, respectivamente.

Para validação das normas DRIS, foram utilizados os índices oriundos do método modificado por Elwali e Gascho (1984) e Beaufils (1973), com relações escolhidas pelo valor *F* (Figura 1).

Observando a Figura 2 pode-se verificar que a diferença entre os dois métodos de cálculo é pequena, uma vez que o coeficiente de determinação para a função linear varia de 0,73 para 0,75, logo, não é possível indicar um método superior para a diagnose nutricional do algodoeiro.

Para verificar as coincidências para detecção dos nutrientes que limitaram a produção do algodoeiro, utilizaram-se os níveis críticos recomendados por Ribeiro et al. (1999). De acordo com a Tabela 5, foi possível identificar a baixa correspondência entre as deficiências detectadas pelo método DRIS e pelo método do nível crítico.

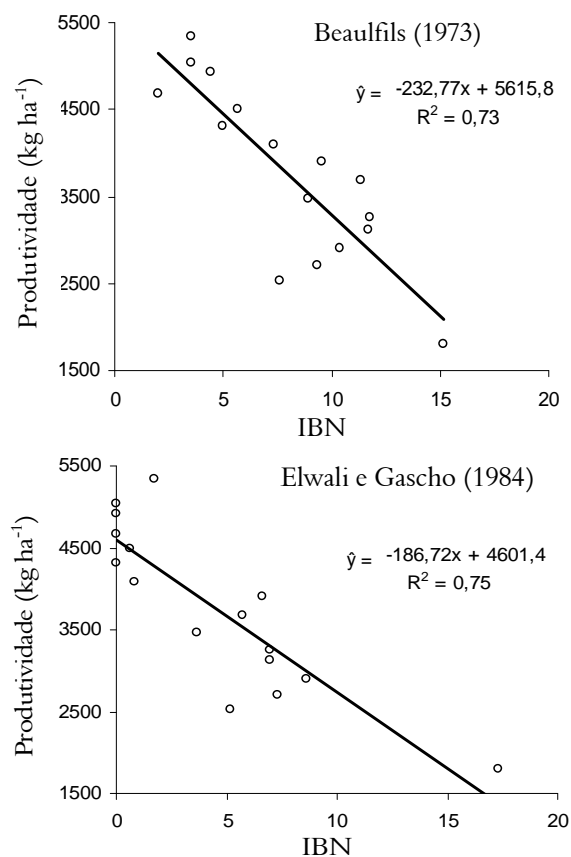
Esta diferença pode ser pelo fato de o nível crítico não levar em consideração os valores dos outros nutrientes, uma vez que é analisado um nutriente de cada vez. Já o método DRIS considera possíveis interações entre os nutrientes, sendo sua maior desvantagem, conforme relatado na proposta inicial de Beaufils (1973), o fato de sempre existirem nutrientes apresentados como deficientes e em excesso.



**Figura 1.** Correlação entre os IBN (Índice de Balanço Nutricional), obtidos por meio de funções calculadas pelas fórmulas propostas por Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984), em que as relações entre os nutrientes foram escolhidas por meio dos valores  $r$  e  $F$ .

Dos nutrientes avaliados pelo método do nível crítico, os mais limitantes seriam S, Mg, Ca, B e P, enquanto pelo método DRIS, na maioria das vezes, a limitação foi dos mesmos nutrientes, somente alterando a ordem de limitação. A diferença existente entre os métodos é que, como o DRIS leva em consideração todos os nutrientes analisados aos pares, o Fe, o Mn e o Zn, por exemplo, que pelo nível crítico não foram detectados como abaixo do recomendado em nenhum dos talhões, apresentaram índices DRIS negativos em alguns talhões, porém, a ordem de limitação deste veio depois dos cinco nutrientes citados (S, Mg, Ca, B e P). Exceção à função de Beaufils (1973) quando utilizado o valor  $r$  para escolha das relações, as quais identificaram o Fe

com percentual maior de deficiências nos talhões que o B. O Fe tende a estar em altas concentrações nos solos estudados, de acordo com Macedo (1996), pois o mesmo tende a estar presente na fração argila, a qual possui grande quantidade de óxidos de ferro; logo, a deficiência deste elemento será encontrada nessas regiões, de acordo com Malavolta et al. (1997), quando se realizar calagem excessiva, houver muita matéria orgânica e umidade no ambiente. A calagem não foi excessiva, inclusive por estarem sendo detectados o Ca e o Mg como nutrientes abaixo do recomendado. O Ca exemplifica os ganhos obtidos com o método DRIS, quando comparado com a técnica univariada como o nível crítico, podendo ser levantada a hipótese de que os valores estipulados como referência para a diagnose do estado nutricional do algodoeiro estão aquém da realidade atualmente existente.



**Figura 2.** Relação entre valores de IBN (Índice de Balanço Nutricional) e a produtividade do algodoeiro.

**Tabela 5.** Número de ocorrência de deficiências para os nutrientes na cultura do algodoeiro.

		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Nível Crítico		12	71	32	80	111	134	74	22	0	0	0
Beaufils (1973)	$F$	48	98	78	120	129	115	88	49	55	81	56
	$r$	53	88	75	111	89	116	82	55	92	85	44
Elwali e Gascho (1984)	$F$	45	96	74	113	97	114	89	57	82	73	58
	$r$	47	86	74	108	95	113	86	63	74	77	54

## Conclusão

Quando se utiliza o método proposto por Elwali e Gascho (1984), a forma de escolha da relação ( $r$  ou  $F$ ) não influencia no resultado final da diagnose nutricional pelo DRIS.

A relação escolhida para cálculo do DRIS pelo valor  $r$  não é indicada, exceto quando a diferença entre os coeficientes de correlação entre a relação direta e inversa for significativa.

Os métodos de cálculo das funções propostos por Beaufile (1973) e por Elwali e Gascho (1984) tendem a representar melhor as populações oriundas de condições não-controladas.

## Referências

- AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2005.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (Boletim Técnico, 78).
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referência nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 14, n. 3, p. 339-344, 1990.
- BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; SANTOS, W. R.; ABREU, M. F. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na adubação. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p. 253-263, 2004.
- BEAUFILE, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Soil Science Bulletin**, v. 1, n. 1, 1973.
- ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as a guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, v. 76, p. 466-470, 1984.
- FERRARI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.
- HARTZ, T. K.; MIYAO, E. M.; VALENCIA, J. G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. **Hortscience**, v. 33, p. 830-832, 1998.
- HOLLAND, D. A. The interpretation of leaf analyses. **Journal of Horticultural Science**, v. 41, p. 311-329, 1966.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 mar. 2006.
- MACEDO, J. Os solos da região dos Cerrados. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. (Ed.) Viçosa: SBSCS; UFV; DPS, 1996. p. 135-155.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.
- MOURÃO FILHO, F. A. A.; AZEVEDO, J. C.; NICK, J. A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 185-192, 2002.
- NICK, J. A. **DRIS para cafeeiros podados**. Piracicaba: Esalq, 1998.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999.
- SILVA, E. B.; PINHO, P. J.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES, M. G. V. Nível de suficiência de zinco para bananeira 'Prata Anã' por meio do DRIS. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 69-74, 2007.
- SILVA, N. M.; RAIJ, B. Van. Fibrosas. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. (Boletim técnico, 100).
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 285-286.
- STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE; EMBRAPA ALGODÃO. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa, 2001. p. 103-123.
- WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; FONSECA, S.; BARROS, N. F.; DIAS, L. E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 661-666, 1998.
- WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; ISAAC, R. A.; PLANK, C. O. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United State and a comparison with the Midwest norms. **Agronomy Journal**, v. 78, p. 1046-1052, 1986.

Received on April 25, 2007.

Accepted on March 28, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.