

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FEIJOEIRO IRRIGADO PELOS MÉTODOS CND, DRIS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA⁽¹⁾

Fábio Luiz Partelli⁽²⁾, Jairo Rafael Machado Dias⁽³⁾, Henrique Duarte Vieira⁽⁴⁾, Paulo Guilherme Salvador Wadt⁽⁵⁾ & Edmar Paiva Júnior⁽⁶⁾

RESUMO

A cultura do feijoeiro tem grande importância para o Estado de Goiás, Brasil. No entanto, informações relacionadas aos padrões nutricionais para condições irrigadas são carentes na região. Os objetivos deste trabalho foram estabelecer padrões foliares, avaliar o estado nutricional do feijoeiro irrigado na região do Vale do Rio dos Bois, no Estado de Goiás, pelos métodos da faixa de suficiência (FS), da diagnose da composição nutricional (CND) e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), bem como comparar os procedimentos de diagnóstico por meio de padrões nutricionais locais. Avaliaram-se a produtividade e a concentração foliar de 55 lavouras de feijoeiro na região do Vale do Rio dos Bois, entre 2010 e 2012. As amostras foram coletadas no estádio R5 (período de floração) e analisadas quanto aos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. As 55 amostras foram divididas em dois grupos, sendo o primeiro de baixa produtividade, com rendimento abaixo de 2.700 kg ha⁻¹; e o segundo de alta produtividade, com rendimento igual ou acima de 2.700 kg ha⁻¹, este último originando os padrões nutricionais. Normas CND e DRIS são mais indicadas para avaliação nutricional do feijoeiro irrigado comparativamente a FS estimada neste trabalho. Manganês, P e B são os elementos que mais limitam a produção nas lavouras de baixa produtividade na região do Vale do Rio dos Bois.

Termos de indexação: análise foliar, diagnose foliar, nutrientes, *Phaseolus vulgaris*.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 24 de maio de 2013 e aprovado em 30 de janeiro de 2014.

⁽²⁾ Professor, Universidade Federal do Espírito Santo. Rod. BR 101 Norte, km 60, Bairro Litorâneo. CEP 29932-540 São Mateus (ES), Brasil. E-mail: partelli@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor, Universidade Federal de Rondônia. Av. Norte Sul, 7300, Bairro Nova Morada. CEP 76940-000 Rolim de Moura (RO), Brasil. E-mail: jairorafaelmdias@hotmail.com

⁽⁴⁾ Professor, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Av. Alberto Lamego, 2000. CEP 28013-602 Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil. E-mail: henrique@uenf.br

⁽⁵⁾ Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Rondônia. BR 364, km 5,5. Caixa Postal 127. CEP 76815-800 Porto Velho (RO), Brasil. E-mail: paulo.wadt@embrapa.br

⁽⁶⁾ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia. Caixa Postal 131. CEP 74001-970 Goiânia (GO), Brasil. E-mail: efdpj_agro@hotmail.com

SUMMARY: NUTRITIONAL ASSESSMENT OF THE IRRIGATED COMMON BEAN CROP BY THE CND, DRIS, AND SUFFICIENCY RANGE METHODS

The common bean crop is of great importance for the State of Goiás, Brazil. However, information on its nutritional requirements is lacking for irrigated conditions. The aim of this study was to establish standard levels of leaf nutrients and assess the nutritional status of irrigated common bean in the Vale do Rio dos Bois region of the State of Goiás through the methods of sufficiency range (SR), compositional nutrient diagnosis (CND), and diagnosis and recommendation integrated system (DRIS), as well as compare the diagnostic procedures through local nutritional standards. The yield and leaf nutrient concentration of 55 common bean crops were evaluated in the Vale do Rio dos Bois region from 2010 to 2012. Samples were collected at the R5 (flowering) stage and were analyzed for total N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn. The 55 samples were divided into two groups, the first being of low yield, below 2,700 kg ha⁻¹, and the second of high yield, at or above 2,700 kg ha⁻¹, the latter serving to define nutrient standards. CND and DRIS standards are more recommended for nutritional assessment of irrigated common bean compared to SR, as estimated in this study. Manganese, P, and B are the elements that most limit production in low yielding crops in the Vale do Rio dos Bois region.

Index terms: leaf analysis, leaf diagnosis, nutrients, Phaseolus vulgaris.

INTRODUÇÃO

Na Região do Vale do Rio dos Bois, no Estado de Goiás, tradicionalmente o feijoeiro irrigado é cultivado de maio a julho como safra de inverno, em sucessão ao milho doce e ao tomate industrial no sistema de produção agrícola. É uma importante atividade para a economia regional, com índices elevados de crescimento nos últimos anos. Em 2011, o Estado de Goiás destacou-se como principal produtor da região Centro-Oeste, superando 130 mil hectares cultivados e produção de 310 mil toneladas (IBGE, 2011).

Na cultura do feijoeiro, a interpretação da análise química foliar e a avaliação do estado nutricional das plantas são realizadas, principalmente, pelos métodos do Nível Crítico Foliar (NC) e Faixa de Suficiência (FS). Essas técnicas apresentam facilidade na interpretação dos resultados analíticos, como também disponibilidade de padrões nutricionais na literatura especializada (Souza & Lobato, 2004; Creste & Echer, 2010). No entanto, a eficiência desses métodos apresenta forte influência de fatores não nutricionais como cultivar, luminosidade, temperatura e regime hídrico (Jarrel & Beverly, 1981).

De forma alternativa, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) tem sido proposto como ferramenta de diagnóstico por incorporar o conceito de balanço nutricional e por minimizar, na interpretação do estado nutricional das plantas, aqueles efeitos atribuídos aos fatores não nutricionais (Rodríguez & Rodríguez, 2000). O DRIS baseia-se na obtenção de índices para cada nutriente, os quais são calculados normalmente por funções que expressam as razões das concentrações de cada elemento com os demais. De forma semelhante, a Diagnose da Composição Nutricional (CND) incorpora índices nutricionais no diagnóstico, porém utilizando, no

denominador da relação nutricional, a média geométrica da composição nutricional na amostra foliar (relações multivariadas), em vez de cada nutriente individualmente, como ocorre no DRIS (relações bivariadas) (Kuriraha et al., 2005).

Embora o DRIS e a CND apresentem maior complexidade para a interpretação dos teores nutricionais foliares, comparativamente aos métodos do NC ou da FS, ambos dispensam a experimentação para a definição das curvas de calibração dos nutrientes foliares (Rodríguez & Rodríguez, 2000), conforme requerido pelos métodos do NC e da FS (Khalajabadi, 2008), uma vez que os padrões nutricionais para o DRIS e a CND devem ser obtidos da maior variabilidade possível de condições ambientais, permitindo assim o uso de dados de lavouras comerciais (Rodríguez & Rodríguez, 2000).

Recentemente, diversos pesquisadores têm utilizado tanto o DRIS quanto a CND para o desenvolvimento de padrões nutricionais a partir de dados de lavouras comerciais, seja para o estabelecimento de normas ou a determinação de FS, destacando-se: arroz irrigado (Guindani et al., 2009; Wadt et al., 2013), algodão (Serra et al., 2010; 2012), milho (Rocha et al., 2007), soja (Urano et al., 2007) e feijoeiro (Creste & Echer, 2010); entretanto, diversas vezes limitando-se às condições ecofisiológicas ou de manejo específicas.

De qualquer forma, o uso de padrões nutricionais locais pode representar uma alternativa para a avaliação de grupos específicos de culturas, com resultados que podem ser concordantes com aqueles obtidos de forma mais genérica pelas normas DRIS (Dias et al., 2010; Wadt & Dias, 2012). A obtenção desses padrões regionais pode contribuir para o uso racional de insumos e o aumento da produtividade das lavouras.

Nesse sentido, objetivaram-se estabelecer padrões foliares, avaliar o estado nutricional do feijoeiro irrigado na região do Vale do Rio dos Bois, no Estado de Goiás, pelos métodos FS, CND e DRIS, bem como comparar os procedimentos de diagnóstico, por meio de padrões nutricionais locais.

MATERIAL E MÉTODOS

Nos anos de 2010 a 2012, foram monitoradas 55 lavouras comerciais de feijoeiro, cultivar Pérola do grupo carioca. As lavouras foram distribuídas pelos municípios de Palmeiras de Goiás, Campestre de Goiás, Cezarina, Edéia, Indiara, Paraúna, Palminópolis e Jandaia, pertencentes à região do Vale do Rio dos Bois, Estado de Goiás. As lavouras foram semeadas entre junho e agosto, em sistema de plantio direto, e irrigadas com pivô central. O espaçamento entrelinhas variou de 0,45 a 0,50 m, e a densidade de plantio entre 12 a 15 sementes por metro linear, com população entre 240 a 333 mil plantas por hectare.

A região do estudo caracteriza-se por apresentar duas estações bem definidas (inverno seco e verão chuvoso), com precipitação pluvial média anual de 1.500 mm. O período seco varia de quatro a sete meses e as chuvas concentram-se de outubro a março. A temperatura média fica entre 22 a 27 °C, com a média das máximas variando no decorrer dos meses. Contudo, no inverno, a variação média da temperatura entre o dia e a noite supera 12 °C (Nimer & Brandão, 1989). Os solos predominantes da região são os Latossolos, geralmente pobres em nutrientes e com limitada disponibilidade de P, muito intemperizados, com baixa capacidade de troca de cátions, elevada acidez e toxidez por Al (Malavolta & Kliemann, 1985).

Para a amostragem foliar, cada lavoura foi representada por um pivô central, dividida em quatro quadrantes, coletando-se aleatoriamente 20 folhas por quadrante, totalizando 80 folhas por lavoura. Amostrou-se a primeira folha madura a partir dos folíolos superiores, com a cultura no estágio fenológico R5 (início da floração). Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e transportadas para o laboratório, sendo secas, moídas e submetidas à realização das análises dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn e Zn, conforme método proposto por Malavolta et al. (1997).

As lavouras com produtividade igual ou superior a 2.700 kg ha⁻¹ foram utilizadas para o estabelecimento dos padrões nutricionais foliares, por serem consideradas de alta produtividade para a região e por receberem tratos culturais recomendados para a cultura. Foram determinadas as normas para as relações bivariadas e multivariadas, respectivamente para os métodos DRIS e CND.

A média e o desvio-padrão de cada variável multinutriente (zX) obtidos da população de alta

produtividade constituíram as normas CND. A zX foi obtida pelo logaritmo natural do quociente entre os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn e a média geométrica da composição nutricional na amostragem foliar, segundo a expressão: $zX = \ln(vX/mGeo)$, em que vX corresponde aos teores de cada nutriente expressos em (dag kg⁻¹); e mGeo, à média geométrica dos nutrientes na amostra (Wadt et al., 2012).

As normas DRIS foram constituídas pelas médias e pelo desvio-padrão das relações bivariadas, obtidas nas formas direta e inversa, entre todos os nutrientes avaliados das lavouras de alta produtividade. Para o método das FSs, os valores-padrão foram definidos pela amplitude do intervalo determinado pela média \pm o desvio-padrão da concentração foliar de cada nutriente no conjunto de lavouras da população de alta produtividade, conforme Partelli et al. (2007).

Definidos os padrões nutricionais foliares, as lavouras de baixa produtividade (inferior a 2.700 kg ha⁻¹) foram diagnosticadas pelos métodos CND, DRIS e FS, utilizando-se os padrões nutricionais descritos anteriormente. Nessas lavouras, os índices nutricionais para o CND (IZ), de cada nutriente, foram calculados pela expressão: $IZ = (vX - mX)/sX$, em que vX representa a variável multinutriente para cada um dos nutrientes; e mX e sX, respectivamente, as normas e o desvio-padrão das relações multivariadas (Parent, 2011).

Os índices nutricionais para o DRIS (IN) foram calculados conforme Jones (1981), sendo $f(A/B) = (A/B - a/b)/s_{(a/b)}$, em que A/B representa o valor da relação entre as concentrações de dois nutrientes da planta diagnosticada; e a/b e $s_{(a/b)}$, respectivamente, a média e o desvio-padrão de cada relação bivariada na população de referência. O índice DRIS (IN) foi então determinado pela expressão: $IN = [\sum (f(A/B_i - a/b_i/s_{(a/b_i)})) + \sum (f(B/A_i - b/a_i/s_{(b/a_i)}))] / 2n$, em que i varia de 1 até n; e n corresponde ao número de nutrientes B avaliados em relação ao nutriente A.

Calcularam-se, também, o índice de balanço nutricional (IBN) pelo somatório, em módulo, dos índices nutricionais DRIS ou CND e o índice de balanço nutricional médio (IBNm), obtido dividindo-se o IBN pelo número de nutrientes avaliados em cada amostra foliar.

Para a interpretação do estado nutricional pelo DRIS e pela CND, adotaram-se três classes: insuficiente, equilibrado ou excesso. Nas lavouras de baixa produtividade, o nutriente foi considerado nutricionalmente equilibrado tanto para a CND quanto para o DRIS, quando o índice nutricional, em módulo, foi menor que o IBNm; insuficiente, quando seu índice nutricional sendo negativo foi também, em módulo, maior que o IBNm; e, em excesso nutricional, quando seu índice nutricional sendo positivo foi, também, em módulo, maior que o IBNm (Wadt, 2005).

Para a interpretação do estado nutricional pelo método das FSs, foram estabelecidas três classes nutricionais: deficiente, suficiente e consumo de luxo. Os nutrientes das lavouras de baixa produtividade foram considerados suficientes quando a concentração deles no tecido foliar estava contida no intervalo entre os teores máximos e mínimos da FS; deficiente, quando a concentração do nutriente no tecido foliar estava abaixo do limite inferior da FS; e em consumo de luxo, quando a concentração do nutriente no tecido foliar esteve acima do limite superior da FS.

A frequência de distribuição nas lavouras de baixa produtividade, em relação a cada estado nutricional, diagnosticadas por CND, DRIS e FS, foi contrastada entre si pelo teste qui-quadrado, a 1 %. Para isso, definiu-se como frequência esperada a média das frequências observadas para cada método diagnóstico, e calculou-se o valor de qui-quadrado, considerando-se como frequência observada a distribuição de lavouras nos estados de insuficiência ou deficiência, equilíbrio ou suficiência e excesso ou consumo de luxo, para cada método diagnóstico. Foram assumidos dois graus de liberdade, correspondendo ao número de classes nutricionais avaliadas (três) menos a perda de um grau de liberdade para cada comparação.

Adicionalmente, os diagnósticos nessas lavouras foram comparados quanto ao grau de concordância em relação aos padrões foliares (CND, DRIS e FS), computando-se, para cada lavoura e nutriente, os casos de concordância. Foram considerados concordantes quando dois diferentes padrões foliares resultaram em diagnóstico equivalente (insuficiente ou deficiente e insuficiente; equilibrado ou suficiente e equilibrado; simultaneamente em excesso ou consumo de luxo; e excesso nutricional), expressando-se os resultados em porcentagem de diagnósticos corretos. As demais combinações no diagnóstico foram consideradas discordantes.

Foram quantificados, em porcentagem, os nutrientes que apresentaram alta probabilidade à insuficiência nutricional (menor valor para IN ou o IZ na amostra) e maior probabilidade de excesso nutricional (maior valor para o IN ou o IZ na amostra), nas lavouras de baixa produtividade, a partir das normas DRIS e CND, respectivamente.

Realizaram-se cálculo das normas; índices CND e DRIS; IBN; IBNm; e teste qui-quadrado, utilizando-se planilha eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 55 lavouras de feijoeiro monitoradas, 20 (36 %) apresentaram produtividade igual ou superior a 2.700 kg ha⁻¹, sendo utilizadas para o estabelecimento dos padrões foliares para a região (Quadro 1). As 35 (64 %) lavouras restantes que apresentaram baixa produtividade foram usadas para obtenção dos

diagnósticos nutricionais para cada um dos métodos testados.

A concentração média dos nutrientes nas lavouras de alta produtividade foi consistente para a maioria dos elementos, quando contrastados com valores padrões adotados para o feijoeiro cultivado no cerrado brasileiro (Souza & Lobato, 2004). Para N, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, os valores indicados neste trabalho estão incluídos na FS proposta para a região. As exceções foram para o P, cujo limite superior neste trabalho (0,44 dag kg⁻¹) foi maior que o limite superior proposto para a região (0,4 dag kg⁻¹); K, cuja faixa proposta neste trabalho (1,6 a 1,8 dag kg⁻¹) ficou abaixo da proposta para a região (2,0 a 2,5 dag kg⁻¹); e S, cujo limite inferior neste trabalho (0,17 dag kg⁻¹) ficou abaixo da proposta para a região (0,2 dag kg⁻¹).

Deve-se considerar que as faixas propostas pela literatura para a região de estudo, principalmente para alguns micronutrientes, apresentam grande amplitude (Zn: 20 a 100 mg kg⁻¹; Mn: 30 a 300 mg kg⁻¹; e Fe: 100 a 450 mg kg⁻¹) (Souza & Lobato, 2004), enquanto as obtidas nesse trabalho para alguns elementos apresentam baixa amplitude (N, Ca, Mg, B, Fe, Mn e Zn).

Comparativamente aos valores propostos para feijoeiro irrigado, cultivado na região de Santa Fé de Goiás, GO, os teores médios foliares nas lavouras de alta produtividade neste estudo ficaram abaixo para N, P, K, S e Cu; acima para B, Mn e dentro da FS, indicada pela literatura para Ca, Mg e Fe (Creste & Echer, 2010). Camacho et al. (2012) relatam que as faixas normais de nutrientes estimadas a partir de DRIS, CND e Chance matemática, normalmente, apresentam menores amplitudes em contraste às FSs obtidas por meio de ensaios de calibração, contribuindo efetivamente para o aumento na discrepância entre os diferentes métodos de estimativa dos teores foliares-padrão, para o método da FS.

Neste trabalho, a menor amplitude da FS comparativamente aos valores propostos pela literatura (Souza & Lobato, 2004) aumentou a interposição da FS, ficando, a proposta deste trabalho, inserida naquelas sugeridas para a região. Por sua vez, a comparação com os valores propostos por Creste & Echer (2010), os quais também apresentam menor amplitude, ressaltam com mais evidência as diferenças, que podem estar sendo influenciadas pelas diferentes condições edafoclimáticas e, ou, manejo cultural (Santana et al., 2008; Farnesi et al., 2009), dada à ocorrência de efeitos de diluição e concentração (Jarrel & Beverly, 1981), reforçando a necessidade do estabelecimento de padrões nutricionais locais, quando se utiliza o método das FSs (Khalajabadi, 2008).

Para as normas CND, observa-se que Cu e N foram os nutrientes que apresentaram o maior e menor desvio-padrão, respectivamente. Para os demais nutrientes, o desvio-padrão variou entre 0,05 e 0,13. Nessas normas, os valores negativos indicam apenas

que a média geométrica da composição nutricional foi superior à concentração foliar do elemento na variável multinutriente (Quadro 2). As normas DRIS foram obtidas a partir de 110 relações nutricionais, sendo utilizadas de forma direta e inversa (Quadro 3).

As distribuições de frequências das lavouras de baixa produtividade, nas classes nutricionais de insuficiência, equilíbrio e excesso, foram aleatórias para N, Mg, S, Cu e Fe, utilizando-se o método da FS. Em contrapartida, pelo DRIS e pela CND, as frequências de distribuição observada, nas classes nutricionais em todos elementos, foram semelhantes às respectivas frequências esperadas, sendo a única exceção o Cu, utilizando-se o método DRIS (Quadro 4).

Independentemente do nutriente analisado, observa-se que o uso da FS resultou em maior número de lavouras com excesso nutricional, comparativamente aos demais métodos de diagnóstico. De forma mais expressiva, S e Fe foram considerados em excesso, aproximadamente 18 e 10 vezes maiores, respectivamente, aos mesmos elementos avaliados pelos métodos CND e DRIS (Quadro 4).

De forma oposta, os métodos CND e DRIS não interferiram na distribuição dos diagnósticos, sendo a única exceção o Cu, que foi considerado com menor frequência de excesso em relação à frequência esperada (Quadro 4). Portanto, o uso do método da FS tende a apresentar maior frequência de nutrientes considerados em excesso nutricional, comparativamente aos demais métodos de diagnóstico.

Contrastando-se entre si, a porcentagem de diagnósticos concordantes pelos métodos CND, DRIS e FS, houve maior semelhança nos diagnósticos obtidos entre os métodos CND e DRIS, com concordância acima de 90 % para P, Ca, S, B, Cu, Fe e Zn. Para os demais nutrientes, o nível de concordância ficou sempre acima de 79 % (Quadro 5). Wairegi & Asten (2011), comparando a CND e DRIS na avaliação do estado nutricional de bananeiras no leste africano, observaram tendências semelhantes entre as normas, com coeficiente de determinação variando entre 0,96 e 0,99 para todos os índices nutricionais, inclusive coincidindo a ordem de limitação para os nutrientes mais desequilibrados na lavoura, tanto por deficiência quanto por excesso nutricional.

Por sua vez, o uso da FS resultou em grau de concordância dos diagnósticos inferior a 70 % para N, K, Mg, S, B, Cu e Fe, quando comparado ao método DRIS, e para N, Ca, Mg, S, B, Cu e Fe, quando comparado ao método CND (Quadro 5). Em muitos casos, o grau de concordância foi inferior a 50 %, para os nutrientes N, Mg, S, Cu e Fe, quando comparado com o método DRIS, e para N, S, Cu e Fe, quando comparado com o método CND, ou seja, os mesmos nutrientes considerados excessivos em maior proporção nas lavouras diagnosticadas pela FS (Quadro 4).

O baixo grau de concordância para os diagnósticos nutricionais utilizando-se a FS em contraste ao CND e DRIS pode ser justificado pela menor amplitude da faixa crítica estimada para o método da FS. A menor

Quadro 1. Concentração média dos nutrientes, desvio-padrão (DP), faixa de suficiência (FS) e coeficiente de variação (CV) das lavouras de feijoeiro irrigado de alta produtividade na região do Vale do Rio dos Bois, Goiás

Nutriente	Concentração média	DP	FS	CV
				%
N (dag kg ⁻¹)	4,24	0,134	4,11 - 4,37	3,17
P (dag kg ⁻¹)	0,40	0,035	0,36 - 0,44	8,86
K (dag kg ⁻¹)	1,74	0,114	1,63 - 1,85	6,59
Ca (dag kg ⁻¹)	1,27	0,131	1,14 - 1,40	10,32
Mg (dag kg ⁻¹)	0,42	0,027	0,39 - 0,45	6,45
S (dag kg ⁻¹)	0,20	0,027	0,17 - 0,22	13,97
B (mg kg ⁻¹)	62,15	7,021	55,13 - 69,17	11,30
Cu (mg kg ⁻¹)	6,95	1,761	5,19 - 8,71	25,34
Fe (mg kg ⁻¹)	260,90	23,82	237,10 - 284,70	9,13
Mn (mg kg ⁻¹)	165,60	21,42	144,2 - 187,0	12,94
Zn (mg kg ⁻¹)	45,75	5,775	39,97 - 51,53	12,62

Quadro 2. Normas CND: média e desvio-padrão (s) para as relações multivariadas log centradas dos nutrientes para feijoeiro irrigado na região do Vale do Rio dos Bois, Goiás

Parâmetro	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Média	3,30	0,93	2,40	2,08	0,98	0,21	-3,23	-5,45	-1,80	-2,25	-3,54
s	0,04	0,07	0,07	0,11	0,05	0,13	0,08	0,22	0,09	0,11	0,10

Quadro 3. Média (m) e desvio-padrão (s) das relações bivariadas entre nutrientes para as normas DRIS obtidas a partir das lavouras de feijão irrigado de alta produtividade região do Vale do Rio dos Bois, Goiás

Relação	m	s	Relação	m	s	Relação	m	s	Relação	m	s
N/P	10,73	0,811	P/N	0,094	0,007	K/N	0,410	0,028	Ca/N	0,299	0,032
N/K	2,450	0,169	P/K	0,229	0,018	K/P	4,392	0,371	Ca/P	3,214	0,464
N/Ca	3,383	0,361	P/Ca	0,318	0,050	K/Ca	1,389	0,198	Ca/K	0,734	0,103
N/Mg	10,16	0,590	P/Mg	0,953	0,104	K/Mg	4,166	0,382	Ca/Mg	3,032	0,329
N/S	22,12	2,939	P/S	2,065	0,264	K/S	9,029	1,035	Ca/S	6,626	1,232
N/B	0,069	0,007	P/B	0,006	0,001	K/B	0,028	0,003	Ca/B	0,021	0,003
N/Cu	0,644	0,147	P/Cu	0,060	0,014	K/Cu	0,265	0,065	Ca/Cu	0,192	0,047
N/Fe	0,017	0,001	P/Fe	0,002	0,0002	K/Fe	0,007	0,001	Ca/Fe	0,005	0,001
N/Mn	0,026	0,001	P/Mn	0,002	0,0004	K/Mn	0,011	0,002	Ca/Mn	0,008	0,001
N/Zn	0,094	0,011	P/Zn	0,009	0,001	K/Zn	0,038	0,005	Ca/Zn	0,028	0,004
Mg/N	0,099	0,006	S/N	0,046	0,006	B/N	14,65	1,452	Cu/N	1,639	0,414
Mg/P	1,060	0,112	S/P	0,492	0,063	B/P	156,6	13,10	Cu/P	17,54	4,399
Mg/K	0,242	0,021	S/K	0,112	0,013	B/K	35,85	3,984	Cu/K	4,025	1,090
Mg/Ca	0,333	0,033	S/Ca	0,156	0,029	B/Ca	49,56	7,666	Cu/Ca	5,539	1,488
Mg/S	2,185	0,338	S/Mg	0,467	0,067	B/Mg	148,7	15,47	Cu/Mg	16,61	4,102
Mg/B	0,007	0,001	S/B	0,003	0,001	B/S	324,1	54,45	Cu/S	36,30	10,59
Mg/Cu	0,063	0,014	S/Cu	0,030	0,008	B/Cu	9,396	2,092	Cu/B	0,113	0,030
Mg/Fe	0,002	0,0001	S/Fe	0,001	0,0001	B/Fe	0,240	0,033	Cu/Fe	0,027	0,008
Mg/Mn	0,003	0,0003	S/Mn	0,001	0,0002	B/Mn	0,380	0,059	Cu/Mn	0,042	0,010
Mg/Zn	0,009	0,001	S/Zn	0,004	0,001	B/Zn	1,369	0,147	Cu/Zn	0,153	0,041
Fe/N	61,55	5,416	Mn/N	39,02	4,483	Zn/N	10,78	1,266	-	-	-
Fe/P	662,2	91,03	Mn/P	419,8	64,19	Zn/P	115,5	13,92	-	-	-
Fe/K	150,8	17,01	Mn/K	95,86	14,62	Zn/K	26,40	3,464	-	-	-
Fe/Ca	207,8	24,73	Mn/Ca	132,3	23,24	Zn/Ca	36,46	5,653	-	-	-
Fe/Mg	624,6	55,92	Mn/Mg	396,8	52,25	Zn/Mg	109,4	12,51	-	-	-
Fe/S	1367	253,4	Mn/S	867,0	178,2	Zn/S	237,5	36,04	-	-	-
Fe/B	4,243	0,571	Mn/B	2,689	0,401	Zn/B	0,739	0,082	-	-	-
Fe/Cu	39,82	10,40	Mn/Cu	25,02	5,854	Zn/Cu	6,903	1,533	-	-	-
Fe/Mn	1,591	0,184	Mn/Fe	0,637	0,078	Zn/Fe	0,177	0,026	-	-	-
Fe/Zn	5,783	0,848	Mn/Zn	3,664	0,582	Zn/Mn	0,279	0,044	-	-	-

amplitude dos valores para a FS aumenta a probabilidade de se identificarem lavouras desequilibradas, aumentando-se consideravelmente os casos de lavouras deficientes ou em consumo de luxo, comparativamente ao uso de valores-padrão para o método da FS com maiores amplitudes, conforme demonstrado por outros autores para algodoeiro (Serra et al., 2010, 2012), arroz irrigado (Guindani et al., 2009), soja (Urano et al., 2007) e laranja (Camacho et al., 2012).

Deve ser considerado que a FS foi obtida da população de alta produtividade, em que os órgãos reprodutivos são drenos extremamente fortes. Assim, existe a possibilidade de maior diluição dos nutrientes nas folhas das plantas tomadas como referência, comparativamente às de baixa produtividade, em decorrência da alta mobilização de nutrientes que ocorre em direção aos frutos. Isso pode estar refletindo na interpretação do estado nutricional das lavouras de baixa produtividade, onde o excesso nutricional

apontado pela FS (Quadro 4) poderia não estar ocorrendo, já que os valores de referência estariam mais diluídos nas folhas das lavouras de alta produtividade (Jarrel & Beverly, 1981). O efeito de diluição aparece não apenas na comparação dos diagnósticos obtidos com o DRIS e a CND, mas também com as faixas propostas por Creste & Echer (2010), para a região de Santa Fé de Goiás, GO.

Evidencia-se a alta dependência da FS à calibração local, sendo esse método de diagnóstico muito sensível às variações no manejo da cultura, que por si são responsáveis por alterar as taxas de absorção de nutrientes e partição de biomassa na planta; as alterações nessas condições exigem novas calibrações. Alternativamente, utiliza-se FS com maiores amplitudes, como sugerido por Souza & Lobato (2004); entretanto, na interpretação da análise foliar, pode-se chegar a conclusões incoerentes de que em determinada situação haveria nutrição adequada em condições reais

Quadro 4. Frequência em que as 35 lavouras de feijoeiro de baixa produtividade apresentaram estado de deficiência, equilíbrio e excesso nutricional pelo uso da diagnose da composição nutricional (CND), do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e das faixas de suficiência (FS), a partir de padrões foliares estabelecidos

Método de diagnóstico	Frequência			Qui-quadrado
	Insuficiência	Equilíbrio	Excesso	
		Nitrogênio		
CND	5	21	9	2,62ns
DRIS	3	25	7	7,71ns
FS	5	5	25	18,26*
FE	4,2	17,0	13,8	
		Fósforo		
CND	18	16	1	0,31ns
DRIS	16	18	1	0,22ns
FS	15	17	3	0,93ns
FE	16,3	17,0	1,6	
		Potássio		
CND	1	8	26	0,11ns
DRIS	1	13	21	4,27ns
FS	1	2	32	5,78ns
FE	1	8	26	0,11ns
		Cálcio		
CND	1	15	19	3,26ns
DRIS	1	12	22	0,38ns
FS	1	4	30	5,87ns
FE	1,0	9,9	24,0	
		Magnésio		
CND	9	17	9	1,35ns
DRIS	7	23	5	9,04ns
FS	7	5	23	16,12*
FE	7,7	14,9	12,4	
		Enxofre		
CND	1	33	1	6,65ns
DRIS	1	33	1	6,65ns
FS	4	14	18	26,59*
FE	2,0	26,6	6,7	
		Boro		
CND	14	15	6	0,24ns
DRIS	12	17	6	0,54ns
FS	13	13	9	0,92ns
FE	13,0	15,1	7,0	
		Cobre		
CND	1	30	4	6,76ns
DRIS	1	32	2	10,56*
FS	1	8	26	34,20*
FE	1,0	23,5	10,5	
		Ferro		
CND	1	32	2	6,23ns
DRIS	1	32	2	6,23ns
FS	2	12	21	24,90*
FE	1,4	25,0	8,6	
		Manganês		
CND	24	9	2	0,14ns
DRIS	20	14	1	4,00ns
FS	26	4	5	5,00ns
FE	23,5	8,9	2,7	
		Zinco		
CND	6	24	5	1,56ns
DRIS	6	23	6	0,80ns
FS	11	14	10	4,51ns
FE	7,6	20,5	6,9	

* Significativo a 1 % pelo teste de qui-quadrado, com dois graus de liberdade, correspondendo a qui-quadrado tabelado de 7,91 e frequência esperada (FE), correspondendo à média das frequências observadas para cada método diagnóstico.

Quadro 5. Grau de concordância entre os diagnósticos nas 35 lavouras de feijoeiro irrigado pelo uso da diagnose da composição nutricional (CND), do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e das faixas de suficiência (FS), a partir de padrões foliares estabelecidos

Padrão nutricional	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Média
	%											
CND vs. DRIS	89	97	83	91	80	97	91	94	100	86	97	91
DRIS vs. FS	40	74	69	77	43	40	69	34	43	86	74	59
FS vs. CND	49	80	83	69	54	46	80	31	46	74	74	62

Quadro 6. Frequência de nutrientes com alta probabilidade à insuficiência nutricional (+PIN) e alta probabilidade ao excesso nutricional (+PEN), nas 35 lavouras de feijoeiro irrigado na região do Vale do Rio dos Bois, Goiás

Nutriente	+PIN		+PEN	
	CND	DRIS	CND	DRIS
	%			
N	0	0	6	8
P	17	17	0	0
K	0	0	41	28
Ca	0	0	28	28
Mg	8	6	8	8
S	0	0	0	0
B	20	11	11	11
Cu	0	0	0	3
Fe	0	0	3	6
Mn	47	60	0	0
Zn	8	6	3	6

de deficiência nutricional, podendo resultar em perda de produtividade da cultura. Isto sugere que a FS deveria ser recomendada, com restrições, exclusivamente para condições edafoclimáticas e de manejo cultural semelhantes àquelas utilizadas no desenvolvimento dos padrões nutricionais.

Os nutrientes com alta probabilidade com relação à insuficiência nutricional (+PIN) nas lavouras com produtividade inferior a 2.700 kg ha⁻¹ seguiram a ordem Mn>B>P>Zn=Mg e Mn>P>B>Zn=Mg, utilizando as normas CND e DRIS, respectivamente. Já os com alta probabilidade ao excesso nutricional (+PEN) nas lavouras de baixa produtividade, em ordem decrescente foram K>Ca>B>Mg>N>Fe=Zn, usando normas CND e K=Ca>B>N=Mg>Fe=Zn>Cu, com relação às normas DRIS (Quadro 6). Portanto, os métodos DRIS e CND apontaram que os nutrientes que mais limitaram a produção por insuficiência foram Mn, B e P, e K e Ca foram considerados em excesso. Isso sugere aos produtores de feijão irrigado na região do Vale do Rio dos Bois, Estado de Goiás, maior observação quanto a esses nutrientes no planejamento anual das fertilizações.

CONCLUSÕES

1. Os valores de padrões nutricionais estimados pelo método das faixas de suficiência aproximaram-se aos dos valores da literatura; entretanto, podem estar sujeitos aos efeitos de diluição dos nutrientes.

2. Os métodos com base no equilíbrio nutricional (CND e DRIS) resultaram em alto grau de concordância nos diagnósticos, diferindo daqueles obtidos pelo método da faixa de suficiência.

3. Os nutrientes Mn, P e B foram os mais limitantes por deficiência, e o K e Ca foram os mais limitantes por excesso.

4. Os métodos DRIS ou CND foram sugeridos aos produtores de feijão irrigado da região do Vale do Rio dos Bois, Estado de Goiás, em vez de faixas nutricionais padrões, obtidas de condições distintas daquelas lavouras sob diagnose nutricional, por estarem sujeitas aos efeitos de diluição e concentração dos nutrientes no tecido foliar.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Goiás, à Universidade Federal do Espírito Santo e ao Laboratório Solocria, pelo suporte à pesquisa. À Capes, pela bolsa de mestrado.

LITERATURA CITADA

- CAMACHO, M.A.; SILVEIRA, M.V.; CAMARGO, R.A. & NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e Nível Crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranja-pera. R. Bras. Ci. Solo, 36:193-200, 2012.
- CRESTE, J.E. & ECHER, F.R. Establishing standards for the integrated recommendation and diagnosis system (DRIS) for irrigated bean crops. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 41:1921-1933, 2010.
- DIAS, J.R.M.; PEREZ, D.V.; SILVA, L.M.; LEMOS, C.O. & WADT, P.G.S. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. Pesq. Agropec. Bras., 45:64-71, 2010.

- FARNESI, M.M.M.; SILVA, E.B. & GUIMARÃES, P.T.G. Diagnóstico nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. R. Bras. Ci. Solo, 33:969-978, 2009.
- GUINDANI, R.R.H.P.; ANGHINONI, I. & NACHTIGALL, G.R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. R. Bras. Ci. Solo, 33:109-118, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção agrícola estadual: lavoura temporária 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=go&tema=lavouratemporaria2011>>. Acesso em: 22 maio 2013.
- JARREL, W.M. & BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. Adv. Agron., 34:197-224, 1981.
- JONES, W.W. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 12:785-794, 1981.
- KHALAJABADI, S.S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Chinchiná, Cenicafe, 2008. 44p. (Boletim Técnico, 32)
- KURIRAH, C.H.; MAEDAS, S. & ALVAREZ V., V.H. Interpretação de resultados de análise foliar. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste e Florestas, 2005. 47p. (Documentos, 74)
- MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no Cerrado. Piracicaba, Potafos, 1985. 136p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.
- NIMER, E. & BRANDÃO, A.M.P.M. Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 166p.
- PARENT, L.E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. R. Bras. Frutic., 33:321-334, 2011.
- PARTELLI, F.L.; VIERA, H.D.; CARVALHO, V.B. & MOURÃO FILHO, F.A.A. Diagnosis and recommendation integrated system norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of Arabian coffee in two sampling periods. J. Plant Nutr., 30:1651-1667, 2007.
- ROCHA, A.C.; LEANDRO, W.M.; ROCHA, A.O.; SANTANA, J.G. & ANDRADE, J.W.S. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. Biosci. J., 23:50-60, 2007.
- RODRÍGUEZ, O. & RODRÍGUEZ, V. Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. R. Fac. Agron. LUZ, 17:449-470, 2000.
- SANTANA, J.G.; LEANDRO, W.M.; NAVES, R.V. & CUNHA, P.P. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. Pesq. Agropec. Trop., 38:109-117, 2008.
- SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; ROJAS, E.P. & VITORINO, A.C.T. Beauflis ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region of Mato Grosso. R. Bras. Ci. Solo, 36:171-181, 2012.
- SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O. & CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos ChM, CND e DRIS. R. Bras. Ci. Solo, 34:97-104, 2010.
- SOUZA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 416p.
- URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. & MARCHETTI, M.E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. R. Bras. Ci. Solo, 31:63-72, 2007.
- WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. R. Bras. Ci. Solo, 29:227-234, 2005.
- WADT, P.G.S. & DIAS, J.R.M. Normas DRIS regionais e inter-regionais na avaliação nutricional de café Conilon. Pesq. Agropec. Bras., 47:822-830, 2012.
- WADT, P.G.S.; SILVA, L.M. & CATANI, V. Normas DRIS multivariadas para avaliação do estado nutricional de pimenta longa. Rio Branco, Embrapa Acre, 2012 (Circular Técnica)
- WADT, P.G.S.; ANGHINONI, I.; GUINDANI, R.H.P.; LIMA, A.S.T.; PUGA, A.P.; SILVA, G.S. & PRADO, R.M. Padrões nutricionais para lavouras arrozais irrigadas por inundação pelos métodos da CND e Chance Matemática. R. Bras. Ci. Solo, 37:145-156, 2013.
- WAIREGI, L.W. & ASTEN, P.V. Norms for multivariate diagnosis of nutrient imbalance in the East African highland bananas (*Musa* spp. AAA). J. Plant Nutr., 34:1453-1472, 2011.