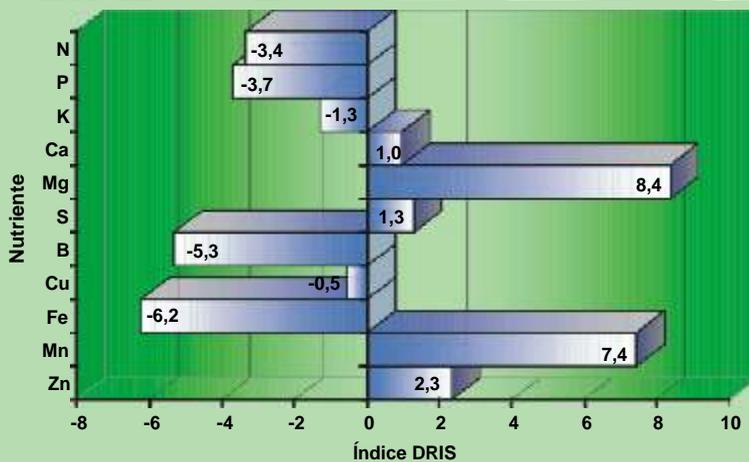


Interpretação de Resultados de Análise Foliar



ISSN 1679-043X

Novembro, 2005

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agropecuária Oeste
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 74

Interpretação de Resultados de Análise Foliar

Carlos Hissao Kurihara
Shizuo Maeda
Víctor Hugo Alvarez V.

Dourados, MS
2005

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163, km 253,6
Caixa Postal 661
79804-970 Dourados, MS
Fone: (67) 3425-5122
Fax: (67) 3425-0811
www.cpaio.embrapa.br
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111
Caixa Postal 319
83411-000 Colombo, PR
Fone: (41) 3675-5600
Fax: (41) 3675-5601
www.cnpf.embrapa.br
E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Renato Roscoe*
Secretário-Executivo: *Edvaldo Sagrilo*
Membros: *André Luiz Melhorança, Clarice Zanoni Fontes, Eli de Lourdes Vasconcelos, Fernando Mendes Lamas, Vicente de Paulo Macedo Gontijo e Walder Antonio de Albuquerque Nunes*

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Luiz Roberto Graça*
Secretária-Executiva: *Elisabete Oaida*
Membros: *Alvaro Figueredo dos Santos, Edilson Batista de Oliveira, Honorino Roque Rodigheri, Ivar Wendling, Maria Augusta Doetzer Rosot, Patricia Póvoa de Mattos, Sandra Bos Mikich e Sérgio Ahrens*

Editoração eletrônica, Revisão de texto e Supervisão editorial:

Eliete do Nascimento Ferreira

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Foto da capa: *Sebastião de Oliveira Alencar e Carlos Hissao Kurihara*

1ª edição

2005: online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

CIP-Catálogo-na-Publicação.

Embrapa Agropecuária Oeste.

Kurihara, Carlos Hissao

Interpretação de resultados de análise foliar / Carlos Hissao Kurihara, Shizuo Maeda, Víctor Hugo Alvarez V.

Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo; Embrapa Florestas, 2005.

42 p. : il. ; 21 cm. (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X ; 74).

1. Análise foliar. 2. Planta - Nutrição - Análise. I. Maeda, Shizuo. II. Alvarez V., Víctor Hugo. III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Embrapa Florestas. V. Título. VI. Série.

Autores

Carlos Hissao Kurihara

Eng. Agrôn., Pesquisador, Dr.,
Embrapa Agropecuária Oeste,
Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS.
Fone: (67) 3425-5122, Fax: (67) 3425-0811
E-mail: kurihara@cpao.embrapa.br

Shizuo Maeda

Eng. Agrôn., Pesquisador, Dr.,
Embrapa Florestas,
Caixa Postal 319, 83411-000 Colombo, PR.
Fone: (41) 3675-56002, Fax: (41) 3675-5601
E-mail: maeda@cnpf.embrapa.br

Víctor Hugo Alvarez V.

Eng. Agrôn., Professor, Dr.,
Universidade Federal de Viçosa,
Av. P. H. Rolfs, s/nº, 36571-000 Viçosa, MG.
Fone: (31) 3899-1061, Fax: (31) 3890-2648
E-mail: vhav@ufv.br

Apresentação

A diagnose foliar fornece informações complementares à análise de solo, permitindo maior segurança na recomendação de adubação da cultura. Associando-se ainda, entre outras informações, o histórico da área, o nível tecnológico do agricultor e a relação entre o valor do produto a ser colhido e o preço do adubo, o Engenheiro Agrônomo pode definir adequadamente a fonte, quantidade, forma e época de aplicação deste insumo, que representa considerável parcela do custo total de produção.

Nesta publicação, são apresentados alguns métodos de interpretação da análise foliar e seus respectivos fundamentos teóricos. Espera-se que os aspectos abordados contribuam para o melhor entendimento desta importante ferramenta de avaliação do estado nutricional.

Mário Artemio Urchei
Chefe-Geral
Embrapa Agropecuária Oeste

Moacir José Sales Medrado
Chefe-Geral
Embrapa Florestas

Sumário

| | |
|---|----|
| Interpretação de Resultados de Análise Foliar | 9 |
| Resumo | 9 |
| Abstract | 10 |
| Introdução | 10 |
| Níveis Críticos | 12 |
| Chance Matemática (ChM) | 17 |
| Índices Balanceados de Kenworthy (IBK) | 21 |
| Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação | 24 |
| Diagnose da Camposição Nutricional (CND) | 29 |
| Uso dos Métodos ChM, IBK, DRIS e CND para Definição de Teores e Faixa Ótima de Nutrientes nas Folhas | 31 |
| Referências | 36 |

Interpretação de Resultados de Análise Foliar

Carlos Hissao Kurihara

Shizuo Maeda

Víctor Hugo Alvarez V.

Resumo

A análise foliar é uma das técnicas utilizadas para a avaliação do estado nutricional das plantas, e sua interpretação possibilita verificar a ocorrência de deficiências, toxidez ou desequilíbrio de nutrientes. Em suma, a análise foliar permite o acompanhamento e a avaliação de um programa de adubação e, caso necessário, auxilia no seu ajuste para a próxima safra de culturas anuais, complementando as informações fornecidas pela análise de solo. Neste trabalho, são abordados alguns fundamentos de cinco métodos de interpretação da análise foliar: nível crítico, Chance Matemática (ChM), Índices Balanceados de Kenworthy (IBK), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND). Aborda-se também a possibilidade de uso dos métodos ChM, IBK, DRIS e CND para definição de teores e faixa ótima de nutrientes nas folhas.

Termos para indexação: nutrição, avaliação, diagnose, nível crítico, chance matemática, Kenworthy, DRIS, CND.

Abstract

Leaf analysis is a nutritional state diagnose method. Its interpretation allows the identification of deficiency, toxicity and unbalance of nutrients. Basically, leaf analysis helps the monitoring and evaluation of a fertilization program and, if necessary, helps its adjust for the next crop season to complement information obtained from soil analysis. In this publication, we deal with some concepts of five methods of leaf analysis interpretation that are: Critical Levels, Mathematical Chance (ChM), Kenworthy Balanced Index (IBK), Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS), and Compositional Nutrient Diagnosis (CND). We also discuss the possibility to use ChM, IBK, DRIS, and CND methods to establish the optimum leaf nutrient content and intervals.

Index terms: nutrition, evaluation, diagnose, critical level, mathematical chance, Kenworthy, DRIS, CND.

Introdução

A avaliação do estado nutricional das plantas normalmente é feito pela análise foliar, tendo-se em vista que a folha recém-madura é o órgão que, como regra geral, responde melhor às variações no suprimento do nutriente, seja pelo solo, seja pelo adubo (Malavolta et al., 1997). Nas folhas ocorrem as principais reações metabólicas e as alterações fisiológicas decorrentes de distúrbios nutricionais normalmente tornam-se mais evidentes (Martin-Prevel et al., 1984).

A interpretação da análise foliar possibilita verificar a ocorrência de deficiências, toxidez ou desequilíbrio de nutrientes. Em suma, permite o acompanhamento e a avaliação de um programa de adubação e, caso necessário, auxilia no seu ajuste para a próxima safra de culturas anuais, complementando as informações fornecidas pela análise de solo.

Para a interpretação dos resultados da análise foliar, normalmente é feita a comparação dos teores de nutrientes em amostras coletadas em talhões de lavouras, com valores padrões estabelecidos para a espécie vegetal, denominados de níveis críticos. Porém, outros métodos também podem ser utilizados como alternativa ou como complemento ao critério dos níveis críticos, sendo que alguns destes apresentam diferenças conceituais, ao abranger as relações de equilíbrio existentes entre os nutrientes.

Os métodos de diagnose foliar são importantes para permitir a elevação da produtividade de espécies vegetais, de forma equilibrada e econômica, sejam elas culturas anuais, perenes ou pastagens. Contudo, uma vez atingido o potencial produtivo e tendo-se um suprimento adequado de todos os nutrientes, a diagnose do estado nutricional efetuada de forma criteriosa tem papel fundamental na manutenção do equilíbrio e racionalidade das adubações, permitindo a sustentabilidade da atividade agropecuária ou florestal, sem prejuízos ao equilíbrio ambiental.

A seguir, são apresentados e discutidos alguns aspectos sobre alguns métodos de interpretação de resultados de análise foliar. Também é feita uma abordagem sobre o uso dos métodos Chance Matemática, Índices Balanceados de Kenworthy, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação e Diagnose da Composição Nutricional para a definição de teores e faixa ótima de nutrientes nas folhas.

Níveis Críticos

A utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa de existir relação entre o suprimento de nutrientes no solo e os teores dos mesmos nas plantas, e que aumentos ou decréscimos nos teores se relacionam com produções mais altas ou mais baixas (Evenhuis & Waard, 1980). Contudo, a relação entre os teores de um dado nutriente e a produção de matéria seca pode não ser tão simples e nem tão direta, como sugere esta definição. Na Fig. 1 verifica-se que esta relação pode envolver quatro fases:

- a) sob condições de deficiência, inicialmente o aumento na disponibilidade do nutriente no solo resulta em incremento da produção de matéria seca de forma proporcionalmente bem mais acentuada do que a quantidade do nutriente absorvida ou transportada, resultando em um decréscimo em seu teor (deficiência severa); depois, incrementa o teor e muito mais a produção de matéria seca (deficiência moderada);
- b) quando em suficiência, o fornecimento do nutriente à planta inicialmente tende a aumentar o teor deste nos tecidos, até se atingir o nível crítico, a partir do qual não há mais resposta economicamente recomendável da produção; depois, o incremento no acúmulo do nutriente é proporcional ao acúmulo de matéria seca;
- c) posteriormente, ocorre o aumento na taxa de absorção do nutriente, com o conseqüente incremento no seu teor na planta, mas sem resposta em produção de matéria seca (consumo de luxo);
- d) caso o suprimento do nutriente continue, pode ocorrer o incremento do seu teor nos tecidos, e a partir de um certo limite, o

crescimento ou a produção da planta é prejudicado porque o acúmulo torna-se excessivo (toxicidade) ou então um ou mais nutrientes tornam-se limitantes.

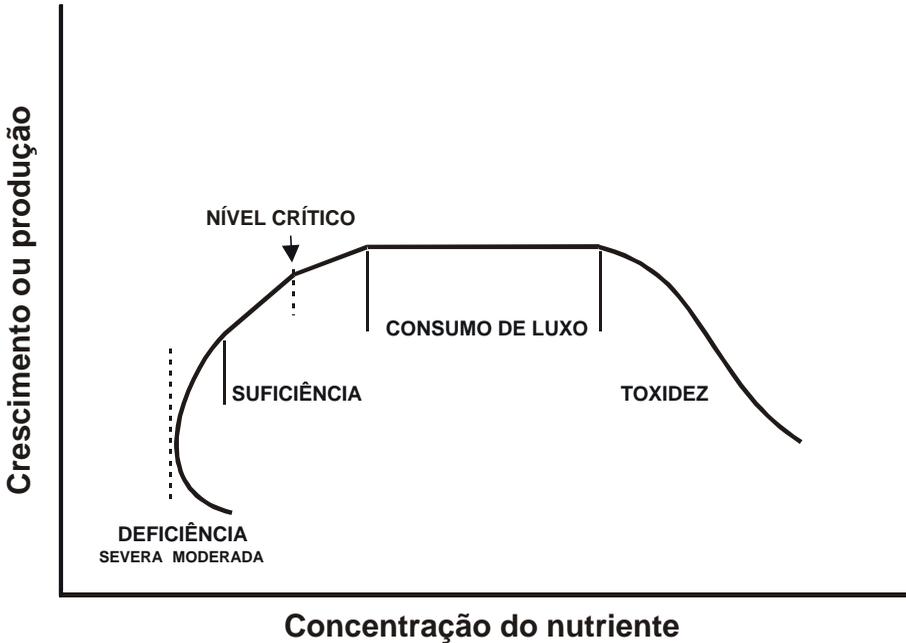


Fig. 1. Relação entre a concentração do nutriente no tecido e o crescimento ou produção.

O conceito de nível crítico fisiológico-econômico foi inicialmente definido por Malavolta & Cruz (1971), como a faixa de teores de um dado elemento na folha, abaixo da qual a produção é limitada e acima da qual o uso de fertilizantes não é mais econômico. Como trata-se de um critério econômico, o nível crítico pode variar de acordo com a relação entre o preço do produto colhido e o custo da adubação (Malavolta, 1999). Ressalta-se, porém, que o critério econômico pode limitar a aplicabilidade do nível crítico, visto que para uma situação extrema em que o produto colhido apresenta grande valor de venda e

a adubação resulta em custo relativamente reduzido, poderia se induzir o consumo de luxo de um nutriente, até o teor em que houvesse toxicidade e/ou antagonismo e a produção começasse a declinar. Por outro lado, numa situação oposta, em que o produto colhido apresenta reduzido valor de venda e a adubação resulta em custo elevado, não haveria como conciliar a resposta em produção e a economicidade do uso do insumo.

Malavolta et al. (1997) também definem o nível crítico como o teor do elemento nas folhas que está associado à máxima atividade de um determinado processo fisiológico relacionado à produção da cultura, como por exemplo, a atividade fotossintética.

No entanto, mais comumente, o nível crítico é conceituado como o teor foliar abaixo do qual as taxas de crescimento, de produção e/ou da qualidade da planta são diminuídas. Em geral, é estabelecido como o teor correspondente a uma produção relativa que pode variar entre 80% e 95 % da produção ótima (Bataglia et al., 1992). Porém, como os níveis críticos são estabelecidos a partir de experimentos, nos quais estão associados erros, torna-se conveniente que se recomendem doses de adubação suficientes para manter os teores dos nutrientes um pouco acima do nível crítico, dentro da faixa de suficiência (Bataglia et al., 1996).

No método dos Níveis Críticos, a interpretação da análise foliar é feita comparando-se os resultados analíticos das determinações químicas efetuadas em amostras de tecido vegetal, com valores previamente estabelecidos para a cultura. Como vantagem, pode-se mencionar a simplicidade na interpretação da diagnose do estado nutricional da cultura, pela forma independente com que os índices são definidos, isto é, o nível de um nutriente não afeta a classificação de outro (Baldock & Schulte, 1996).

Por outro lado, uma das limitações deste método consiste na forma como as faixas de teores são estabelecidas para as diferentes classes (deficiente ou muito baixo, baixo, suficiente ou médio, alto e excessivo ou muito alto). Normalmente, as faixas de teores são definidas a partir de ensaios de adubação conduzidos em casa de vegetação ou a campo, com diferentes tipos de solos, em vários anos. Nestes ensaios, o nutriente em estudo é aplicado em doses crescentes e os demais elementos e fatores de produção são supridos em quantidades adequadas (variáveis controladas mantidas constantes). Em outras situações, adota-se como padrão os valores estabelecidos em trabalhos conduzidos em países distintos, ou mesmo pela experiência pessoal de um pesquisador.

Para a cultura da soja, por exemplo, os níveis de suficiência adotados por Malavolta et al. (1997) e Tecnologias..., (2002) são praticamente os mesmos em relação àqueles estabelecidos por Sfredo et al. (1986), a partir das médias dos teores definidas para seis regiões norte-americanas produtoras de soja (Indiana, Michigan, Minnesota, Missouri, Ohio e Wisconsin), apresentadas por Peck (1979). Portanto, é plausível esperar que estes níveis de suficiência apresentem limitações, considerando-se a existência de diferenças marcantes na eficiência para absorverem nutrientes e no potencial produtivo atualmente apresentado pelas cultivares, bem como no fator capacidade-tampão do solo. Em adição, mostra-se preocupante também o fato dos valores de referência adotados por Malavolta et al. (1997) e Tecnologias..., (2002) apresentarem amplitude demasiadamente grande para a faixa de suficiência, em que o limite superior chega a ser cerca de cinco a sete vezes maior do que o limite inferior, nos casos de Ca, Mn e Fe.

Deve-se considerar, também, que não há consenso na literatura quanto ao procedimento na amostragem de folhas de algumas espécies vegetais, como, por exemplo, a soja, em que existe a recomendação de coleta do terceiro trifólio a partir do ápice (Malavolta et al., 1997; Tecnologias..., 2002), bem como deste acompanhado de pecíolos (Raij, 1991; Borkert et al., 1994; Bataglia et al., 1996; Ribeiro et al., 1999), sendo que a época de coleta é definida para os estádios de início de floração (Sfredo et al., 1986; Tecnologias..., 2002), floração plena (Souza & Carvalho, 1985; Raij, 1991; Bataglia et al., 1996; Ribeiro et al., 1999) ou início da formação de vagens (Malavolta et al., 1997).

Os níveis críticos adotados pelos autores mencionados são os mesmos, não obstante os teores nos limbos foliares diferirem quando estes são coletados junto com os respectivos pecíolos. Como exemplo, pode-se citar o K, cujo teor é maior no pecíolo, devido a sua elevada concentração no tecido que serve de conexão do mesmo ao caule, denominado pulvino (Hanway & Weber, 1971). Por outro lado, nutrientes como o N e o P, que se acumulam no limbo foliar, podem estar presentes em menores concentrações, caso a amostra inclua o pecíolo. A partir de análises químicas efetuadas em amostras de folhas de soja coletadas em Mato Grosso do Sul, com e sem pecíolo, Kurihara (2004) mostrou que este acúmulo diferencial de nutrientes é expressivo, evidenciando a necessidade de se determinar faixas de suficiência distintas para trifólios sem e com pecíolo.

Em adição, Lopes & Carvalho (1991), Bataglia et al. (1992), Baldock & Schulte (1996) e Malavolta et al. (1997) citam ainda que o método do nível crítico considera os nutrientes isoladamente, desprezando as interações entre os mesmos, não obstante o incremento no suprimento de um nutriente no solo poder influenciar a absorção ou a

utilização de outros nutrientes pelas plantas. Segundo Fageria (2001), as interações entre nutrientes podem ocorrer na superfície das raízes ou dentro das plantas, seja pela formação de precipitados e complexos, seja pela competição por sítios de adsorção, transporte, absorção ou translocação (entre os nutrientes com semelhança de raio iônico, carga, geometria de coordenação e configuração dos elétrons). Caso esta interação resulte em incremento na absorção de outro nutriente e uma resposta de produção superior à soma dos efeitos individuais dos nutrientes envolvidos, tem-se um efeito sinérgico; do contrário, tem-se efeito antagônico. Em ampla revisão de literatura, Fageria (2001) mencionou diferentes possibilidades de ocorrência de interações entre macronutrientes, entre micronutrientes e entre ambos, que podem induzir à diminuição ou ao incremento do teor de outros nutrientes, por efeitos diretos e indiretos de diluição ou concentração.

Chance Matemática (ChM)

O método da Chance Matemática (ChM) foi desenvolvido no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e também tem como embasamento o conceito de Níveis Críticos. Porém, por concepção, este método dispensa a necessidade de condução de ensaios de adubação e visa o estabelecimento de Níveis Críticos de nutrientes a partir de um banco de dados formado por amostragens realizadas em talhões de lavouras comerciais, onde são, entre outras variáveis, registrados os teores de nutrientes nas folhas (ou mesmo outro órgão da planta) e o rendimento da cultura, em grãos, fibras, frutos ou matéria seca.

Neste método, os teores foliares de cada nutriente são classificados em ordem crescente e relacionados à produtividade obtida nos

respectivos talhões. Em seguida, para cada nutriente, é determinada a amplitude (A) do teor e calculado o número de classes possíveis (I) com base no tamanho da amostra (n), em que $I = \bar{n}$, sendo que $5 \leq I \leq 15$. O quociente entre amplitude e número de classes resulta no comprimento de cada intervalo de classe ($IC = A/I$).

Dentro de cada classe de teor, os dados de produtividade são então classificados em dois subgrupos, de baixa e de alta produtividade (população de referência). A seguir, calcula-se a chance matemática para cada classe de teor do nutriente em estudo, segundo Wadt (1996) e Wadt et al. (1998a,b):

$$ChM_i = \{[P(A_i/A) \cdot PROD_i] \cdot [P(A_i/N_i) \cdot PROD_i]\}^{0,5}$$

em que:

ChM_i = chance matemática (t/ha) na classe "i";

P(A_i/A) = frequência de talhões de alta produtividade na classe "i", em relação ao total geral de talhões de alta produtividade ($A = A_i$);

P(A_i/N_i) = frequência de talhões de alta produtividade na classe "i", em relação ao total de talhões da classe "i";

PROD_i = produtividade média dos talhões de alta produtividade, na classe "i" (t/ha).

Para melhor entendimento do método, é apresentado um exemplo a partir de um banco de dados disponível para a cultura da soja, obtido pela *Embrapa Agropecuária Oeste*, constituída de 257 amostras coletadas em talhões de fazendas em Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, nos anos agrícolas 1997/98 a 2001/2002 (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de chance matemática (CHM) estabelecidos para as diferentes classes de freqüência "i" de distribuição de teores de N em amostras de terceiro trifólio com pecíolo, na cultura da soja¹.

| Classe (i) | LI | LS | N _i | A _i | P(A _i /A) | P(A _i /N _i) | PROD _i | CHM _i |
|---------------|------|------|------------------|----------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|
| - g/kg de N - | | | - - - t/ha - - - | | | | | |
| 1 | 26,4 | 29,0 | 5 | 1 | 0,009 | 0,200 | 4,292 | 0,185 |
| 2 | 29,0 | 31,6 | 8 | 5 | 0,046 | 0,625 | 4,389 | 0,747 |
| 3 | 31,6 | 34,2 | 25 | 14 | 0,130 | 0,560 | 4,299 | 1,158 |
| 4 | 34,2 | 36,8 | 30 | 17 | 0,157 | 0,567 | 4,349 | 1,299 |
| 5 | 36,8 | 39,4 | 55 | 19 | 0,176 | 0,345 | 4,305 | 1,061 |
| 6 | 39,4 | 42,0 | 47 | 14 | 0,130 | 0,298 | 4,242 | 0,834 |
| 7 | 42,0 | 44,6 | 31 | 15 | 0,139 | 0,484 | 4,399 | 1,140 |
| 8 | 44,6 | 47,2 | 24 | 11 | 0,102 | 0,458 | 4,397 | 0,950 |
| 9 | 47,2 | 49,8 | 15 | 7 | 0,065 | 0,467 | 4,359 | 0,758 |
| 10 | 49,8 | 52,4 | 3 | 2 | 0,019 | 0,667 | 4,520 | 0,502 |
| 11 | 52,4 | 55,0 | 1 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 12 | 55,0 | 57,6 | 4 | 1 | 0,009 | 0,250 | 4,250 | 0,204 |
| 13 | 57,6 | 60,2 | 5 | 2 | 0,019 | 0,400 | 4,175 | 0,359 |
| 14 | 60,2 | 62,8 | 2 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 15 | 62,8 | 65,4 | 1 | 0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Total | | | 256 | 108 | | | | |

⁽¹⁾ Em cada classe de freqüência, LI = limite inferior; LS = limite superior; N_i = número de amostras; A_i = número de amostras de alta produtividade; P(A/A) = freqüência de talhões de alta produtividade em relação ao total de talhões de alta produtividade (A = A_i); P(A/N_i) = freqüência de talhões de alta produtividade em relação ao total de talhões da classe i; PROD_i = produtividade média dos talhões de alta produtividade.

Para este fim foram consideradas apenas as variáveis teor foliar de nitrogênio (com amplitude entre 26,6 e 65,1 g/kg de N) e rendimento de grãos. Com este banco de dados foram definidas 15 classes de freqüência ($I = 257^{1/2} - 15$), cada uma com intervalo de 2,6 g/kg de N ($IC = A/I = 38,5/15 = 2,6$). Observa-se que o maior número de talhões de alta produtividade (A_i) ocorreu nas classes 4 e 5. Porém, em decorrência da grande quantidade de amostras (N_i) existentes nestas duas classes, a sua proporção em relação ao total de talhões nas respectivas classes [P(A_i/N_i)] não é necessariamente a mais elevada. Por outro lado, verifica-se também que pode haver grande

probabilidade em se encontrar talhões de alta produtividade em classes de teores (2 e 10, por exemplo) constituídas de limitado número de amostras (N). As classes de teor do nutriente que apresentam os maiores valores para a Chance Matemática são consideradas a faixa ótima e, para esta, determina-se a respectiva mediana, que é considerada o nível ótimo do nutriente. Neste exemplo, considerou-se que as maiores possibilidades de obtenção de altas produtividades de soja ocorrem quando os teores foliares de N encontram-se entre 31,6 e 47,2 g/kg (limite inferior da classe 3 e superior da classe 8, respectivamente), enquanto o teor ótimo foi calculado em 39,2 g/kg de N. As faixas de valores de teores de nutrientes abaixo e acima da faixa ótima são denominadas de faixa infra-ótima e supra-ótima, respectivamente. A faixa infra-ótima representa teores deficientes e a faixa supra-ótima, teores excessivos. Em ambas as faixas, os valores de Chance Matemática são em geral baixos, indicando pequena probabilidade em se obter alta produtividade de grãos de soja em condições de deficiência ou excesso do nutriente. Ressalta-se que o método da Chance Matemática pressupõe que esteja se trabalhando com grande número de amostras, de forma que a frequência se aproxime à probabilidade. Nos trabalhos de Wadt, a Chance Matemática foi calculada a partir de levantamento realizado em 157 lavouras de café (Novais et al., 1994 e Wadt et al., 1994) e 1.986 (Wadt et al., 1995), 738 (Wadt, 1996 e Wadt et al., 1998a) e 1.213 (Wadt et al., 1998b) talhões florestais com híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.

Índices Balanceados de Kenworthy (IBK)

O método de Índices Balanceados de Kenworthy (IBK), proposto por Kenworthy (1961), é embasado na proporção (P) entre o teor de um nutriente em uma amostra e o valor padrão (norma ou nível crítico) e caracteriza-se pelo fato dos índices serem calculados considerando-se os coeficientes de variação (CV) observados para cada um dos nutrientes nas amostras que constituem a população de referência.

O banco de dados formado por teores foliares de nutrientes de amostras coletadas em talhões de lavouras comerciais é dividido em população de alta (referência) e de baixa produtividade. A partir da população de referência, são calculadas as normas (teores médios de nutrientes) e os índices padrão (P, I e B, todos expressos em percentagem). Originalmente, o método previa que, para o cálculo do Índice Balanceado (B), em condições onde o teor de um nutriente na amostra (y_i) é menor do que a norma (\bar{y}), a influência da variabilidade (I) é adicionada. Contudo, se o teor na amostra é superior à norma, o valor de I é subtraído (Kenworthy, 1961; Kenworthy, 1973):

$$P = 100 \frac{y_i}{\bar{y}}$$

$$a) \quad y_i \geq \bar{y}$$

$$b) \quad y_i < \bar{y}$$

$$I' = (P - 100) \frac{CV}{100}$$

$$I'' = (100 - P) \frac{CV}{100}$$

$$B = P - I'$$

$$B = P + I''$$

Contudo, este método foi ajustado por Alvarez V.¹, de forma a permitir o cálculo do índice balanceado (B) independente da magnitude do teor do nutriente da amostra em relação ao teor médio da população de alta produtividade:

$$P = 100 y_i / \bar{y}$$

$$I = CV (y_i - \bar{y}) / \bar{y}$$

$$B = P - I$$

Este ajuste pode ser demonstrado matematicamente, na forma como segue:

a) $\forall y_i \geq \bar{y} \Rightarrow I$ é positivo

$$\begin{aligned} I = I' &= (P - 100) \frac{CV}{100} = CV \frac{(P - 100)}{100} \\ &= CV \frac{\left[\left(100 \frac{y_i}{\bar{y}} \right) - 100 \right]}{100} = CV \left[\left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) - 1 \right] = CV \left[\left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) - \frac{\bar{y}}{\bar{y}} \right] \\ &= CV \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\bar{y}} \right) \end{aligned}$$

$$B = P - I' = P - I$$

⁽¹⁾ Comunicação pessoal concedida pelo Prof. Víctor Hugo Alvarez Venegas, da Universidade Federal de Viçosa, MG, para o Engenheiro Agrônomo Carlos Hissao Kurihara, da *Embrapa Agropecuária Oeste*, em outubro de 2003.

b) $\forall y_i < \bar{y} \Rightarrow I$ é negativo

$$I'' = (100 - P) \left(\frac{CV}{100} \right)$$

$$\begin{aligned} I = I'' &= -CV \frac{(100 - P)}{100} = -CV \frac{\left[100 - \left(100 \frac{y_i}{\bar{y}} \right) \right]}{100} \\ &= -CV \left[1 - \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) \right] = -CV \left[\left(\frac{\bar{y}}{\bar{y}} \right) - \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) \right] = -CV \left(\frac{\bar{y} - y_i}{\bar{y}} \right) \\ &= CV \frac{(y_i - \bar{y})}{\bar{y}} \end{aligned}$$

$$\text{Como } B = P + I'' \Rightarrow B = P - I$$

De acordo com o valor obtido para o Índice Balanceado (B), o teor do nutriente na amostra é classificado em deficiente (1% a 50%), abaixo do normal (50% a 83%), normal (8% a 117%), acima do normal (117% a 150%) e excessivo (150% a 183%).

Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação

Em 1973, Beaufills desenvolveu o método de avaliação do estado nutricional conhecido como DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação), que se baseia na comparação de índices, calculados com as relações duais entre nutrientes (Bataglia et al., 1992).

Este método permite minimizar os efeitos de diluição ou concentração de nutrientes nas amostras, resultantes do maior ou menor acúmulo de matéria vegetal seca, por basear-se no equilíbrio das relações entre os nutrientes. Ainda como pontos positivos do método, Baldock & Schulte (1996) e Wadt (1996) destacam a possibilidade de identificação dos casos em que os desequilíbrios nutricionais limitam a produtividade, mesmo quando nenhum nutriente está abaixo de seu nível crítico; hierarquização dos nutrientes quanto à ordem de limitação e obtenção de um índice de equilíbrio nutricional médio (IENm) que, adequadamente interpretado, permite discriminar nutrientes limitantes (por falta ou excesso) e não limitantes.

E como desvantagem, Soltanpour et al. (1995) e Baldock & Schulte (1996) mencionam o fato da dependência entre os índices permitir que o teor de um nutriente, quando muito elevado, influencie negativamente o valor dos índices de outros nutrientes. Neste caso, o DRIS pode induzir um diagnóstico de deficiência para um nutriente que se encontra em teores adequados. Ressalta-se ainda que as eficiências de absorção e utilização de nutrientes, notadamente N e P, podem ser influenciadas de forma significativa pela proporção e mineralogia da argila. Espera-se que em solos argilosos ou muito argilosos (com presença de minerais de argila de alta atividade), os

teores foliares de P tendam a ser minimizados e os de N, maximizados (consumo de luxo); por outro lado, é plausível que o contrário possa ocorrer em solos arenosos. Dessa forma, fica um questionamento sobre a magnitude da importância do efeito das variáveis citadas sobre a relação N/P ou P/N e, conseqüentemente, sobre a diagnose do estado nutricional em N e P, pelo DRIS.

Diversos trabalhos têm indicado a melhoria da acurácia da diagnose nutricional quando são utilizadas normas específicas para uma região, em relação ao uso de normas gerais, definidas a partir de um banco de dados em que se abrangem diferentes condições de clima, época de amostragem, parte da planta amostrada, sistema de manejo do solo e variedade, entre outros (Beverly et al., 1986; Leandro, 1998; Silva, 2001; Maeda, 2002; Reis Júnior, 2002; Silva et al., 2005).

Para a utilização do método DRIS, também há necessidade de formação de um banco de dados com resultados de análise de nutrientes em amostras de tecido foliar e de rendimentos da cultura obtidos em parcelas ou talhões amostrados. A coleta de amostras deve obedecer a uma padronização previamente definida, tais como o estágio de desenvolvimento da planta e o tipo de folha. Segundo Bataglia (1999), os diversos locais onde as amostras são coletadas são considerados como análogos às repetições nos experimentos tradicionais, ilimitados em número e localizados ao acaso, desde que os procedimentos adotados sejam controlados.

A partir de um potencial produtivo pré-estabelecido, as amostras componentes do banco de dados são classificadas em uma população de baixa ou de alta produtividade, sendo esta última também denominada de população de referência. Considera-se que a população de referência representa as condições nutricionais

adequadas ou desejáveis da cultura, na ausência de limitação do desenvolvimento das plantas por outros fatores de natureza não nutricional, como disponibilidade hídrica, ocorrência de pragas e doença, etc. Nesta população, são estabelecidos os quocientes entre o teor de um dado nutriente (A) e os teores dos demais nutrientes (B, C, ... N), sendo que, para cada relação entre nutrientes, são calculadas as normas, constituídas pela média e desvio padrão (s).

Para avaliar o equilíbrio nutricional de uma amostra coletada em um talhão de lavoura, deve-se seguir uma seqüência de procedimentos (Alvarez V. & Leite, 1999):

- 1) calcula-se as relações duais entre os nutrientes da amostra;
- 2) para cada relação, calcula-se a diferença entre o valor da amostra (A/B) e a média das relações da população de referência (a/b). Esta diferença é transformada em variável normal reduzida (z), ao se dividir pelo valor do desvio padrão (s) das relações da população de referência; depois, o valor de z é aproximado a um valor inteiro pela multiplicação com o fator de ajuste (c), que normalmente é igual a dez:

$$Z(A/B) = [(A/B) - (a/b)] (c/s);$$

- 3) obtêm-se o índice DRIS (I_A), pelo cálculo da média aritmética das relações diretas (A/B) e inversas (B/A), transformadas em variáveis normais reduzidas aproximadas:

$$I_A = \frac{Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)}{2(n - 1)}$$

em que:

$c = 10$ = fator de ajuste;

A/B e a/b = relação dual entre os teores de nutrientes (g/kg e mg/kg, para macro e micronutrientes, respectivamente) da amostra e a média da população de referência, respectivamente;

s = desvio padrão das relações duais da população de referência;

n = número de nutrientes envolvidos na análise.

Para a interpretação dos índices DRIS são considerados em equilíbrio aqueles com valor situado dentro do intervalo entre $-10 \frac{2}{3} s$ e $+10 \frac{2}{3} s$ ($-6,7$ e $+6,7$). Considera-se que quanto mais negativo for o índice de um nutriente, maior é a carência deste em relação aos demais nutrientes envolvidos na diagnose, e um índice altamente positivo para um nutriente, indica maior excesso relativo do mesmo. A soma dos valores absolutos dos índices DRIS obtidos para cada nutriente resulta no Índice de Equilíbrio Nutricional (IEN). E o quociente entre o valor de IEN e o número de nutrientes analisados (n) define o Índice de Equilíbrio Nutricional médio (IEN_m), que representa a média dos desvios em relação ao ótimo:

$$IEN = |I_A| + |I_B| + |I_C| + \dots + |I_N| \quad \text{e} \quad IEN_m = \frac{IEN}{n}$$

Quando os índices DRIS são ordenados do menor valor para o maior, pode-se conhecer a ordem de limitação dos nutrientes na lavoura em que se efetuou a amostragem. Em suma, o método DRIS indica qual o nutriente é mais limitante por falta ou por excesso e qual é a ordem de limitação, dentre aqueles analisados, mas não permite diagnosticar

se o teor do nutriente na amostra encontra-se em magnitude de provocar deficiência ou toxidez. Os índices IEN e IEN_m possibilitam a comparação do grau de equilíbrio nutricional entre diferentes lavouras. Considera-se que, quanto maior o seu valor, maior o grau de desequilíbrio nutricional da lavoura.

Ressalta-se, ainda, que uma simples relação de equilíbrio entre nutrientes pode não ter uma relação direta com a produtividade das culturas, tendo-se em vista que outros fatores limitantes de natureza não nutricional podem estar afetando o desenvolvimento das plantas. Assim, uma lavoura de alta produtividade necessariamente apresenta uma nutrição equilibrada; o inverso, porém, pode não ocorrer. O mérito do DRIS é justamente permitir a discriminação dos casos em que apenas os fatores nutricionais estão influenciando o desenvolvimento das plantas, uma vez que as normas são calculadas a partir de uma subpopulação de referência.

Uma outra forma de interpretação dos índices DRIS, desenvolvido no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, considera o potencial de resposta à adubação (PRA) (Wadt, 1996) e consiste na comparação destes em relação ao IEN_m , sendo que:

- a) se o nutriente for associado a um índice DRIS extremo (mais negativo ou mais positivo) e o valor absoluto desse índice for maior que o IEN_m , é muito provável que o nutriente seja o causador dos desequilíbrios nutricionais observados;
- b) se o nutriente não for associado a um índice DRIS extremo, mas ainda assim, em módulo, é maior que o IEN_m , é provável que ele também seja o responsável pelos desequilíbrios;

- d) se o nutriente tiver índice primário negativo, mas inferior, em módulo, ao IEN_m , é pouco provável que ele seja o responsável pelos desequilíbrios;
- d) se o nutriente tiver índice primário positivo, mas inferior ao IEN_m , não é provável que ele seja o responsável pelos desequilíbrios.

Desta forma, se o índice DRIS para o nutriente for negativo e estiver dentro de qualquer uma das duas primeiras situações acima mencionadas, considera-se que há um potencial positivo de resposta à adubação; caso o índice DRIS se enquadre no item **c**, haveria pouca possibilidade de resposta à adubação e, para o caso do ítem **d**, a resposta esperada é negativa.

Diagnose da Composição Nutricional (CND)

Parent & Dafir (1992) definiram o termo composição nutricional como o somatório dos teores (expressos em dag/kg) de macro e micronutrientes associado ao teor dos demais componentes da matéria seca. O teor destes componentes é denominado de valor de complemento (R) e definido como a diferença entre a composição total de 100 dag/kg e o somatório dos teores de nutrientes na folha índice (x_i).

No método CND, também é utilizado um banco de dados, como nos métodos da ChM, IBK e DRIS. O método CND difere do DRIS pelo fato do teor de cada nutriente na amostra (x_i) ser corrigido em função da média geométrica da composição nutricional (G), resultando na

variável multinutriente (V_i), conforme Parent & Dafir (1992), Parent et al. (1993) e Parent et al. (1994):

$$R = 100 - x_i$$

$$G = (x_N \cdot x_P \cdot x_K \dots x_{Zn} \cdot R)^{\frac{1}{(n+1)}}$$

$$V_i = \ln (x_i/G)$$

onde,

n = número de nutrientes em avaliação ($n = 11$, seis macronutrientes e cinco micronutrientes usualmente analisados).

Em seguida, a variável V_i é estudentizada, ou seja, calcula-se o índice da variável multinutriente (I_{vi}), a partir da diferença entre o valor de V_i da amostra e a respectiva média para a população de referência (v_i), dividida pelo desvio padrão desta variável [$I_{vi} = (V_i - v_i)/s_{vi}$]. Em suma, além da diferença no enfoque no equilíbrio nutricional, bivariado e multivariado, para o DRIS e o CND, respectivamente, estes métodos distinguem-se pelo fato de que, no primeiro, é calculada a média aritmética das relações duais transformadas em variáveis normais reduzidas. No CND, calcula-se a média geométrica do produto dos teores de nutrientes e de um valor de complemento (denominado R), para depois se proceder à transformação em variável normal reduzida. Contudo, apesar do método CND basear-se nas interações múltiplas que ocorrem entre todos os nutrientes sob diagnose, também se considera que o nutriente está em equilíbrio nutricional quando o índice da variável multinutriente (I_{vi}) tende a zero. E de forma semelhante ao DRIS, a interpretação dos índices da variável

multinutriente é feita considerando-se em equilíbrio aqueles com valor situado dentro do intervalo entre $-2/3 s$ e $2/3 s$ ($-0,67$ e $+0,67$).

Em tese, o método CND mostra-se mais vantajoso em relação ao DRIS, por considerar a interação simultânea de todos os nutrientes, e não apenas as interações duais. E isto, aliado a um melhor embasamento estatístico, quando se usa princípios da análise do componente principal, propicia maior potencial para melhorar a diagnose foliar (Parent & Dafir, 1992; Parent et al. 1994).

Uso dos Métodos ChM, IBK, DRIS e CND para Definição de Teores e Faixa Ótima de Nutrientes nas Folhas

Diante da dificuldade em se estabelecer níveis críticos a partir de uma vasta rede de experimentos de adubação, conduzidos em diferentes ambientes (textura ou fator capacidade-tampão, potencial produtivo e sistema de manejo do solo), os valores de referência tornam-se válidos apenas para uma limitada amplitude de condições em que os fatores de produção foram considerados nos trabalhos de calibração.

Um dos procedimentos que tem sido utilizado como alternativa a esta situação é o uso de métodos de diagnose do estado nutricional, tais como a ChM (Wadt et al., 1998b), o IBK (Kurihara, 2004), o DRIS (Oliveira & Cassol, 1995; Wadt et al., 1998b; Oliveira, 1999; Silva, 2001, Reis Júnior et al., 2002; Kurihara, 2004; Silva et al., 2005) e o CND (Khiari et al., 2001a,b; Silva et al., 2005), na estimativa de níveis críticos e faixas de suficiência, por meio de abordagens distintas.

Diversos pesquisadores têm efetuado o relacionamento do teor foliar com o respectivo índice DRIS do nutriente (Oliveira & Cassol, 1995; Wadt et al., 1998b, Oliveira, 1999; Kurihara, 2004) ou vice-versa (Silva, 2001; Reis Júnior., 2002), tomando-se como base o fato de que o teor ótimo corresponde ao valor do índice que representa o equilíbrio nutricional, ou seja, zero. Nestes trabalhos, a faixa ótima foi obtida pela definição de uma amplitude de desvios padrão em torno deste valor ideal (Faixas de Beaufilets). De acordo com Wadt (1996), o limite inferior da faixa ótima pode ser considerado como o nível crítico do nutriente, o que corresponderia ao teor deste associado a uma produtividade equivalente a 90% daquela possível de ser obtida em condições de teor ótimo.

Utilizando-se um banco de dados constituído de 257 amostras de folhas com pecíolo, coletadas em lavouras comerciais de soja, nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, entre os anos agrícolas 1997/1998 e 2001/2002, Kurihara (2004) definiu teores ótimos e faixas de suficiência para nutrientes, a partir dos métodos ChM, IBK, DRIS e CND. Para o estabelecimento da faixa ótima e do teor ótimo, foram definidos modelos de regressão para o teor foliar de nutriente em função dos índices IBK, DRIS e CND e adotados os seguintes critérios:

Chance matemática - os limites inferior e superior das classes de teor de nutriente que apresentaram as maiores chances matemáticas foram considerados a faixa ótima, e o valor da sua mediana foi definido como o nível ótimo;

IBK - considerou-se como faixa ótima e teor ótimo os teores foliares associados a uma faixa de índice balanceado variando de 83% a 117% (faixa normal) e ao valor de 100% para B, respectivamente;

DRIS e CND - consideraram-se como faixa ótima e o teor ótimo os teores foliares associados a uma amplitude de $\pm 10 \frac{2}{3}$ s (- 6,7 | 6,7) para os índices DRIS e de $\pm 2/3$ s (- 0,67 | 0,67) para os índices CND e ao valor zero para I, respectivamente.

Para uma população de referência com produtividade mínima de 3.900 kg/ha de grãos de soja, Kurihara (2004) constatou que os quatro métodos de diagnose do estado nutricional avaliados concordaram na indicação de que o teor ótimo estimado é o próprio teor médio da população de referência, ou então, um valor muito próximo deste (no método da ChM). O autor ressalta que esta concordância era esperada, tendo-se em vista que lavouras de alta produtividade necessariamente apresentam uma nutrição equilibrada, não obstante o equilíbrio nutricional não implica em alta produtividade se houver limitação por outro fator de produção. Destaca-se, ainda, que as diferenças encontradas nos teores ótimos estimados pelo método da ChM, em relação aos demais, podem ser resultantes de desvios de normalidade na população de referência, tendo-se em vista que, sob distribuição normal, a média aritmética é igual à mediana.

De acordo com Alvarez V.², a equivalência entre os teores ótimos de nutrientes estimados pelo método Kenworthy e o valor médio da população de alta produtividade pode ser demonstrada matematicamente da forma como segue:

⁽²⁾ Comunicação pessoal concedida pelo Prof. Víctor Hugo Alvarez Venegas, da Universidade Federal de Viçosa, MG, para o Engenheiro Agrônomo Carlos Hissao Kurihara, da *Embrapa Agropecuária Oeste*, em outubro de 2003.

$$B = P - I$$

$$B = 100 \frac{y_i}{\bar{y}} - CV \frac{y_i - \bar{y}}{\bar{y}}$$

$$B = 100 \frac{y_i}{\bar{y}} - CV \frac{y_i}{\bar{y}} + CV$$

$$B = \frac{y_i}{\bar{y}} (100 - CV) + CV$$

$$y_i = \frac{(B - CV) \bar{y}}{100 - CV}$$

Para $B = 100$, tem-se:

$$y_i = \frac{(100 - CV) \bar{y}}{100 - CV} = \bar{y}.$$

Da mesma forma, deduções matemáticas permitem demonstrar que, no método DRIS, em uma condição de equilíbrio nutricional, o teor ótimo é a sua própria média da população de referência (Alvarez V.³).

Como exemplo, para o I_N determinado com os teores dos macronutrientes principais têm-se que:

⁽³⁾ Comunicação pessoal concedida pelo Prof. Víctor Hugo Alvarez Venegas, da Universidade Federal de Viçosa, MG, para o Engenheiro Agrônomo Carlos Hissao Kurihara, da *Embrapa Agropecuária Oeste*, em outubro de 2005.

N, P, K, N/P, N/K, P/N e K/N, são os teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio e respectivas relações duais diretas e inversas das amostras;

n, p, k, n/p, n/k, p/n e k/n são as médias dos teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio e respectivas relações duais da população de referência, e

$s_{n/p}$, $s_{n/k}$, $s_{p/n}$ e $s_{k/n}$ são os desvios padrão das relações duais da população de referência;

$$I_N = [Z(N/P - n/p) + Z(N/K - n/k) - Z(P/N - p/n) - Z(K/N - k/n)] / 4$$

$$I_N = [10(N/P - n/p) / 4s_{n/p}] + [10(N/K - n/k) / 4s_{n/k}] - [10(P/N - p/n) / 4s_{p/n}] - [10(K/N - k/n) / 4s_{k/n}]$$

$$I_N = (10 / 4) \{ [(N/P - n/p) / s_{n/p}] + [(N/K - n/k) / s_{n/k}] - [(P/N - p/n) / s_{p/n}] - [(K/N - k/n) / s_{k/n}] \}$$

Na condição de equilíbrio ($I_N = 0$), os teores da amostra devem ser iguais à média da população de referência ($N = n$, $P = p$ e $K = k$), portanto:

$$I_N = (10 / 4) \{ [(n/p - n/p) / s_{n/p}] + [(n/k - n/k) / s_{n/k}] - [(p/n - p/n) / s_{p/n}] - [(k/n - k/n) / s_{k/n}] \}$$

$$I_N = (10 / 4) [(0 / s_{n/p}) + (0 / s_{n/k}) - (0 / s_{p/n}) - (0 / s_{k/n})]$$

$$I_N = (10 / 4) (0 + 0 + 0 + 0)$$

$$I_N = (10 / 4) (0)$$

$$I_N = 0$$

Referências

ALVAREZ V., V. H.; LEITE, R. de A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 20-25, 1999.

BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, 1996.

BATAGLIA, O. C. DRIS: origem e atualidade. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 10-12, 1999.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Adubação, produtividade, ecologia**: anais dos simpósios. Piracicaba: SBCS: Fundação Cargill: ESALQ, CENA, 1992. p. 369-393.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Princípios da diagnose foliar. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS: UFV, 1996. p. 647-660.

BEVERLY, R. B.; SUMNER, M. E.; LETZSCH, W. S.; PLANCK, C. O. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, n. 3, p. 237-256, 1986.

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 66, jun. 1994. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n. 5, p. 1-16, jun. 1994. Encarte.

EVENHUIS, B.; WAARD, P. W. F. Principles and practices in plant analysis. In: FAO. **Soils**. Rome, 1980. p. 152-163. (FAO. Bulletin, 38/1).

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.

HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. N, P, and K percentages in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants parts. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 2, p. 286-290, 1971.

KENWORTHY, A. L. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchard. In: WALSH, L. O.; BEATON, J. D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 381-392.

KENWORTHY, A. L. (Ed.). **Plant analysis and fertilizers problems**. Washington, DC: American Institute of Biological Science, 1961. p. 28-43.

KHIARI, L.; PARENT, L. E.; TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 4, p. 809-814, 2001a.

KHIARI, L.; PARENT, L. E.; TREMBLAY, N. The phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 4, p. 815-819, 2001b.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 101 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LEANDRO, W. M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (Glycine max L. Merrill) na região de Rio Verde GO**. 1998. 157 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. de. Técnicas de levantamento e diagnose da fertilidade do solo. In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D. de; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 7-61. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

MAEDA, S. **Interpretação do estado nutricional de soja pelo DRIS no Mato Grosso do Sul**. 2002. 107 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MALAVOLTA, E. Mineral nutrition of higher plants: the first 150 years. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: SBCS; Lavras: UFLA, DCS, 1999. p. 51-122.

MALAVOLTA, E.; CRUZ, V. F. da. A meaning for foliar diagnosis. In: SAMISH, R. (Ed.). **Recent advances in plant nutrition**. New York: Gordon & Breach Science, 1971. v. 1, p. 1-13.

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

MARTIN-PREVEL, P.; GAENARD, J.; GAUTIER, P. **L'analyse vegetable dans le controle de l'alimentation des plantes temperées et tropicales**. Paris: Technique e Documentation, 1984. 802 p.

NOVAIS, R. F.; WADT, P. G. S.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. Levantamento do estado nutricional de cafeeiros do Estado do Espírito Santo com base no Método da Chance Matemática. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Fertilizantes**: insumo básico para agricultura e combate à fome: anais. Petrolina: SBCS: EMBRAPA-CPATSA, 1994. p.182-183.

OLIVEIRA, S. A. de. Obtenção dos níveis ótimos de nutrientes na planta e no solo por meio do DRIS. In: SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1999. 1 CD-ROM. Seção autores.

OLIVEIRA, S. A. de; CASSOL, J. J. Níveis de suficiência no solo e nas folhas para a soja no Município de Campo Novo do Parecís - MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS: UFV, 1995. p. 562-563.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 117, n. 2, p. 239-242, 1992.

PARENT, L. E.; ISFAN, D.; TREMBLAY, N.; KARAM, A. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Mount Vernon, v.119, n. 3, p. 420-426, 1994.

PARENT, L. E.; KARAM, A.; VISSER, S. A. Compositional nutrient diagnosis of the greenhouse tomato. **Hortscience**, v. 28, n. 10, p. 1041-1042, 1993.

PECK, T. R. Plant analysis for production agriculture. In: SOIL PLANT ANALYSIS WORKSHOP, 7., 1979, Bridgetown. **Proceedings...** Bridgetown: [s. n.], 1979. p. 1-45.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1991. 343 p.

REIS JUNIOR, R. dos A. DRIS norms universality in the corn crop. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, n. 5/6, p. 711-735, 2002.

REIS JUNIOR, R. dos A.; CORRÊA, J. B.; CARVALHO, J. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 801-808, 2002.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F.; CAMPO, R. J.; BORKERT, C. M. **Soja**: nutrição mineral, adubação e calagem. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1986. 51 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 17).

SILVA, G. G. C. **Diagnose nutricional do eucalipto pelo DRIS, M-DRIS e CND**. 2001. 132 p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, G. G. C.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ V., V. H.; LEITE, F. P. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 755-761, 2005.

SOLTANPOUR, P. N.; MALAKOUTI, M. J.; RONAGHI, A. Comparison of diagnosis and recommendation integrated system and nutrient sufficiency range of corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, n. 1, p. 133-139, 1995.

SOUZA, P. I. de M. de; CARVALHO, L. J. C. B. Nutrição mineral de plantas. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1985. p. 75-98.

TECNOLOGIAS de produção de soja Paraná 2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 195 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 2).

WADT, P. G. S. **Os métodos da Chance Matemática e do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto.** 1996. 99 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WADT, P. G. S.; ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. Método da Chance Matemática para a determinação das faixas infra-ótima, ótima e supra-ótima dos teores foliares de nutrientes. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Fertilizantes:** insumo básico para agricultura e combate à fome: anais. Petrolina: SBCS: EMBRAPA-CPATSA, 1994. p. 186-187.

WADT, P. G. S.; ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; FONSECA, S.; BARROS, N. F. O método da Chance Matemática na interpretação de dados de levantamento nutricional de *Eucalyptus*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 773-778, 1998a.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; FONSECA, S.; BARROS, N. F. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e Chance Matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 685-692, 1998b.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; ALVAREZ V., V. H.; FONSECA, S.; FERNANDES FILHO, E. I. Avaliação da nutrição nitrogenada de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios da Aracruz Celulose S.A. pelo método da Chance Matemática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS: UFV, 1995. p. 1320-1322.

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Cláudia Assunção dos Santos Viegas
Ernesto Paterniani
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Agropecuária Oeste

Mário Artemio Urchei
Chefe-Geral

Embrapa Florestas

Moacir José Sales Medrado
Chefe-Geral



*Agropecuária Oeste
Florestas*

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

