

# LEVANTAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS DE *Coffea arabica* L. PELO DRIS, NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA – MINAS GERAIS<sup>(1)</sup>

Regina Maria Quintão Lana<sup>(2)</sup>, Sebastião Alberto de Oliveira<sup>(3)</sup>,  
Ângela Maria Quintão Lana<sup>(4)</sup> & Marcos Vieira de Faria<sup>(5)</sup>

## RESUMO

Os solos sob vegetação de Cerrado têm a característica marcante da baixa fertilidade natural, como os solos da região do Alto Paranaíba-MG, cuja característica também está associada ao uso de baixas doses de fertilizantes, o que pode acarretar desequilíbrio nutricional das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional da cafeicultura na região do Alto Paranaíba – MG, utilizando o método DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação) para interpretação das análises de folhas, aplicação do Potencial de Resposta à Adubação sobre os índices DRIS e análise das correlações e interações entre concentrações dos nutrientes nas folhas e índices DRIS. As amostras foliares foram coletadas na fase fenológica do chumbinho, retirando-se dois pares de folhas de cada planta em 20 plantas ao acaso, em 59 lavouras comerciais na região do Alto Paranaíba – MG. Foram determinados os teores de nutrientes, os quais foram interpretados pelo método DRIS. O DRIS apontou os principais nutrientes limitantes à produtividade na região do Alto Paranaíba – MG: P, Fe, K = Mn e Zn = B. Os nutrientes com maior probabilidade de resposta positiva à adubação em lavouras cafeeiras do Alto Paranaíba foram: P, B, Fe, K e Mn. As correlações positivas entre os índices DRIS foram: N (P, K e S), P (K, Mg e S) e K (Mg e S), e as correlações negativas: N (Ca, B, Fe e Zn), P (Ca, B, Fe, Mn e Zn) e K(Ca, B, Fe, Mn e Zn).

**Termos de indexação:** nutrição, café, sistema integrado de diagnose e recomendação, potencial de resposta à adubação.

---

<sup>(1)</sup> Projeto de pesquisa financiado pelo CBP&D-Café/Embrapa. Recebido para publicação em abril de 2009 e aprovado em maio de 2010.

<sup>(2)</sup> Professora Titular do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Av. Amazonas s/n, Campus Umuarama, Bloco 2E, CEP 38400-000, Uberlândia (MG). E-mail: rmqlana@iciag.ufu.br

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos, Universidade de Brasília – UnB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Caixa postal 04508, CEP 70910-970 Brasília (DF). E-mail: oliveira@unb.br

<sup>(4)</sup> Professora Associada do Departamento de Zootecnia, EV, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Av. Presidente Antônio Carlos 6627, Campus da UFMG, Pampulha, Caixa Postal 567, CEP 31270-901 Belo Horizonte (MG). E-mail: lana@vet.ufmg.br

<sup>(5)</sup> Doutorando em Solos no Instituto de Ciências Agrárias, UFU. E-mail: chibbaagro@hotmail.com

**SUMMARY:** *Coffea arabica* L. **NUTRITIONAL STATUS SURVEY BASED ON DRIS, IN THE UPPER PARANAÍBA REGION – MINAS GERAIS**

*A striking characteristic of soils under savanna vegetation is the low natural fertility, as in soils in the Upper Paranaíba region – MG. This characteristic is aggravated by the use of low fertilizer quantities, which may cause nutritional imbalance in plants. The objective of this study was to evaluate the nutritional status of coffee plants in the Upper Paranaíba region – MG, using the integrated system for diagnose and recommendation (DRIS) to interpret leaf analyses and apply the fertilization response potential to the DRIS index and analyze the correlations and interactions between leaf nutrient concentrations and DRIS index. Coffee leaf samples were collected in the initial fruit growth stage, removing two pairs of leaves from each plant in 20 random plants, in 59 commercial plantations of the region. Nutrient levels were determined and interpreted by the DRIS. DRIS indicated that the yield-limiting nutrients were: P, Fe, K = Mn, and Zn = B. The nutrients to which coffee plants tended to respond positively were: P, B, Fe, K, and Mn. The positives correlations between the DRIS index were: N(P, K and S), P(K, Mg and S) and K(Mg and S), and the negatives correlations: N(Ca, B, Fe, and Zn), P(Ca, B, Fe, Mn, and Zn) and K(Ca, B, Fe, Mn, and Zn).*

*Index terms: mineral nutrition, coffee, DRIS, fertilization response potential.*

## INTRODUÇÃO

Os solos sob vegetação de Cerrado têm a característica marcante da baixa fertilidade natural, exigindo a suplementação de nutrientes por meio da adubação, seja de solo e, ou, foliar, para obter altas produtividades. Os nutrientes aplicados no solo sofrem reações complexas, as quais podem alterar a disponibilidade dos nutrientes, influenciando diretamente a sua absorção pelas plantas e causando desordens nutricionais.

A análise química de tecido vegetal é uma ferramenta que vem sendo usada e aperfeiçoada para a determinação da necessidade de adubação, usando-se principalmente as folhas, pois é o local onde ocorre a maior produção de fotossintatos e para onde se dirige a maior quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas. Assim, há necessidade de se fazer a análise de tecido vegetal para se conhecer o teor de cada nutriente na planta em definido estágio fenológico e, a partir daí, proceder à interpretação. O teor de cada nutriente na planta pode ser interpretado por vários métodos de avaliação do estado nutricional. Os métodos mais usados para o diagnóstico do estado nutricional são os Níveis Críticos, as Faixas Críticas de Concentração e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) (Bataglia et al., 1996; Malavolta et al., 1997), os quais, ultimamente, têm recebido bastante atenção.

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) foi desenvolvido por Beaufils (1973) com o propósito de diagnosticar as causas primárias e secundárias que alteram a produtividade das culturas; ele é baseado no cálculo de índices para cada nutriente, levando em consideração sua relação com os demais.

Para a avaliação do estado nutricional de plantas, parte-se do pressuposto de que pelo método DRIS as relações entre dois nutrientes são melhores indicadores do que apenas um nutriente isolado (Beaufils, 1973; Jones, 1981). Assim, as relações dois a dois entre os nutrientes são menos alteradas pelos efeitos de concentração e de diluição na matéria seca, proporcionando maior independência das condições que os padrões gerados por curvas de calibração (Costa, 1995; Wadt, 1999).

Quando o índice DRIS de um nutriente assume valor negativo, é sinal de que ocorre limitação desse nutriente por deficiência; no caso de o índice desse nutriente assumir valor positivo, indica limitação do nutriente por excesso; e quanto próximo de zero estiver, indicará que a planta encontra-se nutricionalmente equilibrada em relação ao nutriente estudado (Costa, 1995; Santos, 1997; Martinez et al., 2000).

Por outro lado, o somatório dos índices DRIS em módulo fornecerá o Índice de Balanço Nutricional (IBN). Esse índice é que permitirá a comparação de diversas lavouras entre si. Dessa forma, Wadt (1996) sugere o uso de Índice de Balanço Nutricional Médio (IBNm), que é o valor do IBN dividido pelo número de nutrientes envolvidos na diagnose. Esse índice reflete a média dos desvios de cada nutriente em relação ao ótimo. Wadt (1996) desenvolveu o método chamado Potencial de Resposta à Adubação, como tentativa de indicar qual é o nutriente-problema, seja por excesso ou deficiência, indicando também uma possibilidade de resposta à adubação.

Na avaliação do estado nutricional do cafeeiro também deve ser considerada a interação entre os nutrientes, ou seja, a capacidade que um determinado

nutriente tem de alterar a concentração de outro devido ao antagonismo, à inibição ou ao sinergismo entre ambos (Malavolta et al., 1997; Sobral, 1998, citado por Silva et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional da cafeicultura na região do Alto Paranaíba – MG, utilizando o método DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação) para interpretação das análises de folhas; aplicação do Potencial de Resposta à Adubação sobre os índices DRIS; e análise das correlações entre concentrações dos nutrientes nas folhas e índices DRIS.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de 2006 a 2008, na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais, nos municípios de Carmo do Paranaíba, Coromandel, Monte Carmelo, Patrocínio, Rio Paranaíba e Romaria. Foram coletadas amostras de folhas em 59 lavouras da espécie *Coffea arabica* L., variedade Catuaí, com idade de quatro a oito anos, em café de sequeiro, onde foram instaladas Unidades Amostrais (UAs) de 1 ha.

As amostragens de folhas foram realizadas quando as plantas apresentavam frutos na fase fenológica de “chumbinho”. As amostragens foliares foram feitas retirando-se dois pares de folhas (um par de cada lado da planta) em 20 plantas escolhidas ao acaso em cada UA. Foram retiradas folhas do terceiro ou quarto par, a partir do ápice, em dois ramos produtivos (plagiotrópicos), em uma altura mediana na copa, tomando-se o cuidado de escolher ramos com alternância das faces de exposição cardinal. As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e enviadas ao laboratório para as determinações de macronutrientes e micronutrientes, segundo Bataglia et al. (1983).

Após determinações químicas nas amostras de folhas, foram preparadas as tabelas com os resultados, visando à obtenção dos índices DRIS.

Para o cálculo dos índices DRIS, procedeu-se ao cálculo dos índices primários, utilizando para isso o

método proposto por Malavolta et al. (1997), usando-se a fórmula de Ewali & Gascho (1984), em que:

$$\text{Índice X} = (f(X/A) + f(X/B) + \dots - f(A/X) - f(B/X)) / (2(n-1))$$

para:

$$f(X/A) = K [(X/A)/(x/a) - 1] / CV \text{ se } X/A > x/a + S_{x/a}$$

$$f(X/A) = K [1 - (x/a)/(X/A)] / CV \text{ se } X/A < x/a - S_{x/a}$$

$$f(X/A) = 0 \text{ se } x/a - S_{x/a} \leq X/A \leq x/a + S_{x/a}$$

$x/a$  = média da relação dos nutrientes  $x$  e  $a$  da população de alta produtividade;  $CV_{x/a}$  = coeficiente de variação da população de alta produtividade;  $S_{x/a}$  = desvio-padrão da média da população de alta produtividade;  $X/A$  = relação de concentração dos nutrientes  $X$  e  $A$  na amostra;  $K$  = coeficiente de sensibilidade (igual a 1) e  $n$  = número de nutrientes.

Em seguida, calculou-se o índice de balanço nutricional (IBN), por meio da soma, em módulo, de todos os índices DRIS obtidos anteriormente, bem como a sua média (IBNm).

$$IBN = \sum |I_x| \quad IBNm = IBN / n$$

Procedeu-se à interpretação dos índices DRIS por meio do Potencial de Resposta à Adubação, conforme método proposto por Wadt (1996), que estabeleceu os critérios para as quatro classes de PRA (Quadro 1).

A partir do quadro 1, foram definidas cinco classes de probabilidade de resposta à adubação, comparando-se o índice DRIS calculado para um dado nutriente e o índice de balanço nutricional médio (IBNm), segundo Wadt (1996) (Quadro 2).

Foram determinados os níveis de suficiência para macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn), para amostras foliares, usando regressão quadrática, entre os índices DRIS (variáveis independentes) e os teores na folha (variáveis dependentes).

Foram realizados testes de correlação com os índices DRIS dos nutrientes entre si e com as concentrações de nutrientes nas folhas entre si, utilizando fórmula recomendada por Gomes (1990).

**Quadro 1. Critérios para classificação do Potencial de Resposta à Adubação com um nutriente (potencial de resposta com aumento e redução da produção)**

Grau de probabilidade para resposta à adubação	Mais limitante por deficiência	Índice DRIS	Módulo do Índice DRIS
Muito provável	Sim	< 0	> IBNm
Provável	Não	< 0	> IBNm
Pouco provável	Indiferente	< 0	≤ IBNm
Não provável	Indiferente	≥ 0	Indiferente

**Quadro 2. Potencial de Resposta à Adubação de acordo com índices DRIS**

Potencial de resposta à adubação	+ LD	Índices DRIS	Módulo do Índice DRIS
Positiva (P)	Sim	< 0	> IBNm
Positiva ou nula (PZ)	Não	< 0	> IBNm
Nula (Z)	Indiferente	≤ 0	≤ IBNm
	+ LE		
Nula (Z)	Indiferente	≥ 0	≤ IBNm
Negativa ou nula (NZ)	Não	> 0	> IBNm
Negativa (N)	Sim	> 0	> IBNm

+ LD: mais limitante por deficiência; + LE: mais limitante por excesso. Classe 1: Resposta Positiva (P) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente mais negativo for maior, em módulo, que o IBNm. Classe 2: Resposta Positiva ou Nula (PZ) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente for maior em módulo que o IBNm e não for o mais negativo. Classe 3: Resposta Nula (Z) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente em módulo for menor ou igual ao IBNm. Classe 4: Resposta Negativa ou Nula (NZ) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente for maior em módulo que o IBNm, porém sem ser o índice DRIS de maior valor. Classe 5: Resposta Negativa (N) – tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente for maior que o IBNm e maior que todos os índices DRIS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices DRIS e a ordem geral de limitação por deficiência para as amostras foliares de 59 lavouras cafeeiras comerciais da variedade Catuaí na região do Alto Paranaíba estão apresentados no quadro 3. Assim, de acordo com as amostras foliares, os nutrientes que mais limitaram a produtividade em 18,6; 15,3; 13,5; 10,2; 8,5; 6,8; e 1,7 % das lavouras foram, respectivamente, P, Fe, K = Mn, Zn = B, Ca, S e N = Mg.

Observa-se que o P é o nutriente mais limitante, representando 18,6 % das lavouras cafeeiras, o que pode ser ocasionado pela aplicação inadequada de adubação, em termos de quantidade e qualidade da fonte de fertilizantes, bem como pelo modo de aplicação do nutriente. Contudo, outros fatores podem estar alterando a eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas, como, por exemplo, a fixação do P nos óxidos de Fe e Al.

A alta frequência de limitação com que o Mn aparece pode ser justificada pelo baixo fornecimento de Mn pelo solo devido ao baixo conteúdo desse nutriente ou pelo uso de calcário superficial, que eleva o pH, insolubilizando-o (Reisenauer, 1988). Quanto ao K, pode haver pouco fornecimento pelo solo, uso de doses insuficientes na adubação e perdas de nutriente por lixiviação devido à menor adsorção, quando comparado com o Ca, Mg e Al. Pode, ainda, haver desbalanço no fornecimento desse elemento pelo solo em decorrência da sua relação com Mg, conforme relatam Marschner (1997) e Malavolta et al. (1997).

Martinez et al. (2000) observaram que os nutrientes em maior desequilíbrio, na região de Patrocínio – MG, foram Zn, Cu e Mn. Segundo esses autores, o Zn esteve em falta em 28 % das lavouras de baixa produtividade, não sendo observada limitação por deficiência em lavouras de alta produtividade, enquanto o Cu foi limitante em 35 % das lavouras de

baixa produtividade e em 20 % das de alta produtividade. Observou-se, ainda, que o Mn foi limitante em 21 % das lavouras de baixa produtividade e em 13 % das de alta produtividade.

Bataglia et al. (2001), trabalhando na mesma região, observaram que, em 1999, 8,6 % dos talhões apresentavam baixos teores de Ca; em 2000, além do Ca, o Mn e Mg também apresentaram baixos teores.

A limitação pelo S pode ser em decorrência do uso de adubos fosfatados e nitrogenados que não contêm o nutriente em sua formulação e, ainda, devido à lixiviação do elemento para fora do alcance das raízes. Malavolta (1986) descreve seis causas dos baixos teores de S nas plantas: (1) pobreza dos solos em matéria orgânica combinada com dificuldades de mineralização; (2) pobreza em S nos solos sob Cerrado; (3) altas produções com elevadas taxas de exportação do nutriente; (4) lavouras de café distantes de indústrias que lançam esse nutriente na atmosfera e que depois são depositados no solo pelas chuvas; (5) uso contínuo de adubos fosfatados e nitrogenados concentrados; e (6) pouca adubação orgânica.

Quanto aos nutrientes Ca, S, N e Mg, eles aparecem em menores percentagens como mais limitantes, o que não implica dizer que estão em condições de equilíbrio quando comparados com P, Fe, K, Mn, Zn e B. Isso é apenas a observação da frequência com que cada nutriente se apresenta como o principal fator limitante da produção.

A principal vantagem do método DRIS foi levantada por Oliveira (1993) e Oliveira & Sousa (1993) devido à possibilidade de definir os níveis de suficiência por meio do DRIS. Oliveira (1993) definiu quais os níveis de suficiência para macronutrientes e micronutrientes nas folhas do cafeeiro e no solo, além da CTC e da matéria orgânica. Os níveis de suficiência tornam-se mais importantes devido à forma como são obtidos, pois levam em consideração as relações e interações



**Quadro 3. Índices DRIS para amostras de folhas de 59 lavouras cafeeiras em condições de sequeiro, na região do Alto Paranaíba – MG**

Nº lavoura	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Ordem de limitação
1	9	-9	-26	-17	41	14	-36	2	65	-88	Zn>B>K>Ca>P>Fe>N>S>Mg>Mn
2	21	-74	-83	-15	54	-29	-43	5	77	-83	K=Zn>P>B>S>Ca>Fe>N>Mg>Mn
3	-1	106	64	-107	-10	93	-36	-99	-126	-52	Mn>Ca>F e>Zn>B>Mg>N>K>S>P
4	-4	27	29	-29	-14	26	4	-22	-42	-20	Mn>Ca>Fe>Zn>Mg>N>B>S>P>K
5	-8	-33	-3	20	-45	112	249	-135	12	445	Fe>Mg>P>N>K>Mn>Ca>S>B>Zn
6	-21	6	-15	9	8	92	144	-91	-41	236	Fe>Mn>N>K>P>Mg>Ca>S>B>Zn
7	28	117	71	-157	-20	106	-76	-121	-121	-146	Ca>Zn >Mn=Fe>B>Mg>N>K>S>P
8	10	501	327	-420	20	380	-5	-405	-566	-238	Mn>Ca>Fe>Zn>B>N>Mg>K>S>P
9	35	164	87	-177	-3	112	-114	-124	-123	-169	Ca>Zn>Fe>Mn>B>Mg>N>K>S>P
10	-1	193	114	-165	6	190	24	-183	-230	-76	Mn>Fe>Ca>Zn>N>Mg>B>K>S>P
11	-7	27	-38	-35	54	34	-74	-1	-7	-130	Zn>B>K>Ca>Mn=N>Fe>P>S>Mg
12	0	85	-9	-89	70	87	-12	-48	-78	-72	Ca>Mn>Zn>Fe>B>K>N>Mg>P>S
13	-7	90	38	-25	-1	1	-153	67	64	-145	B>Zn>Ca>N>Mg>S>K>Mn>Fe>P
14	19	141	46	-179	44	163	-39	-166	-166	-135	Ca>Fe=Mn>Zn>B>N>Mg>K>P>S
15	7	-19	24	11	-24	60	140	-109	-15	200	Fe>Mg>P>Mn>N>Ca>K>S>B>Zn
16	-54	-51	-107	92	83	-53	-44	156	73	-112	Zn>K>N>S>P>B>Mn>Mg>Ca>Fe
17	4	-305	-205	191	4	-172	77	135	302	157	P>K>S>Mg=N>B>Fe>Zn>Ca>Mn
18	8	25	-11	-55	52	27	-27	-36	-42	-80	Zn>Ca>Mn>Fe>B>K>N>P>S>Mg
19	-7	151	77	-136	5	155	-20	-130	-168	-91	Mn>Ca>Fe>Zn>B>N>Mg>K>P>S
20	12	-48	-63	3	33	-6	43	-26	24	71	K>P>Fe>S>Ca>N>Mn>Mg>B>Zn
21	41	-242	-178	153	26	-196	-163	195	557	-37	P>S>K>B>Zn>Mg>N>Ca>Fe>Mn
22	7	164	78	-123	-4	23	-226	-5	-56	-190	B>Zn>Ca>Mn>Fe>Mg>N>S>K>P
23	1	171	104	-104	-17	61	-169	-22	-54	-165	B>Zn>Ca>Mn>Fe>Mg>N>S>K>P
24	-35	-98	-98	86	19	52	182	-31	46	269	P=K>N>Fe>Mg>Mn>S>Ca>B>Zn
25	-29	-30	-46	42	26	38	132	-34	-11	235	K>Fe>P>N>Mn>Mg>S>Ca>B>Zn
26	-18	-112	-110	65	18	46	194	-53	37	279	P>K>Fe>N>Mg>Mn>S>Ca>B>Zn
27	5	-87	-98	18	11	107	254	-160	16	426	Fe>K>P>N>Mg>Mn>Ca>S>B>Zn
28	19	100	28	-158	28	124	-4	-167	-186	-78	Mn>Fe>Ca>Zn>B>N>K=Mg>P>S
29	-34	-183	-103	127	-14	-82	72	91	86	34	P>K>S>N>Mg>Zn>B>Mn>Fe>Ca
30	-136	-1957	-1022	844	-200	-557	1489	156	402	1445	P>K>S>Mg>N>Fe>Mn>Ca>Zn>B
31	-42	-3	-39	30	40	91	168	-62	-80	189	Mn>Fe>N>K>P>Ca>Mg>S>B>Zn
32	66	103	64	-139	-35	57	-86	-160	-51	2	Fe>Ca>B>Mn>Mg>Zn>S>K>N>P
33	18	31	-5	-54	31	37	-11	-60	-27	-15	Fe>Ca>Mn>Zn>B>K>N>P=Mg>S
34	-3	-86	-108	50	1	52	199	-94	47	401	K>Fe>P>N>Mg>Mn>Ca>S>B>Zn
35	67	-125	-99	-5	-7	-91	-122	12	267	-39	P>B>K>S>Zn>Mg>Ca>Fe>N>Mn
36	73	42	6	-109	-23	35	-49	-153	-8	46	Fe>Ca>B>Mg>Mn>K>S>P>Zn>N
37	65	-8	-27	-96	-9	13	-53	-118	-2	-28	Fe>Ca>B>Zn>K>Mg>P>Mn>S>N
38	68	15	-33	-94	2	-5	-143	-84	67	-85	B>Ca>Zn>Fe>K>S>Mg>P>Mn>N
39	26	-4	-31	-41	8	12	-69	-38	29	-93	Zn>B>Ca>Fe>K>P>Mg>S>N>Mn
40	-19	-59	-58	43	45	-4	47	39	55	19	P>K>N>S>Zn>Fe>Ca>Mg>B>Mn
41	-10	-106	-65	74	-14	5	140	-21	102	266	P>K>Fe>Mg>N>S>Ca>Mn>B>Zn
42	-10	13	26	-12	-16	86	137	-91	-60	162	Fe>Mn>Mg>Ca>N>P>K>S>B>Zn
43	4	104	63	-104	11	68	-30	-86	-130	-64	Mn>Ca>Fe>Zn>B>N>Mg>K>S>P
44	-29	-28	-56	34	50	20	32	24	2	-17	K>N>P>Zn>Mn>S>Fe>B>Ca>Mg
45	-48	-3	-95	59	88	72	132	-23	-3	250	K>N>Fe>P=Mn>Ca>S>Mg>B>Zn
46	7	64	-71	-68	131	23	-132	2	-8	-186	Zn>B>K>Ca>Mn>Fe>N>S>P>Mg
47	-12	9	-18	-8	10	30	23	0	-10	25	K>N>Mn>Ca>Fe>P>Mg>B>Zn>S
48	-50	-44	-38	79	6	52	168	7	2	206	N>P>K>Mn>Mg>Fe>S>Ca>B>Zn
49	-16	-1	36	23	-38	-32	3	36	-22	-19	Mg>S>Mn>Zn>N>P>B>Ca>K=Fe
50	29	48	33	-61	-1	-18	-57	-42	-45	-45	Ca>B>Mn=Zn>Fe>S>Mg>N>K>P
51	51	95	56	-117	-23	18	-126	-76	-21	-87	B>Ca>Zn>Fe>Mg>Mn>S>N>K>P
52	33	14	32	-52	-36	-29	-66	-14	11	-56	B>Zn>Ca>Mg>S>Fe>Mn>P>K>N
53	-9	-14	9	21	-25	-38	-8	53	24	-1	S>Mg>P>N>B>Zn>K>Ca>Mn>Fe
54	-4	-27	-6	39	-23	-40	12	33	38	46	S>P>Mg>K>N>B>Fe>Mn>Ca>Zn
55	3	-72	-199	52	65	-41	-25	53	79	16	K>P>S>B>N>Zn>Ca>Fe>Mg>Mn
56	-27	-79	-29	91	-12	-54	75	62	47	100	P>S>K>N>Mg>Mn>Fe>B>Ca>Zn
57	-3	16	34	12	-25	-45	-41	57	30	-35	S>B>Zn>Mg>N>Ca>P>Mn>K>Fe
58	-79	-243	-135	266	-16	-216	51	330	261	67	P>S>K>N>Mg>B>Zn>Mn>Ca>Fe
59	31	-42	-11	30	-29	-119	-94	81	149	4	S>B>P>Mg>K>Zn>Ca>N>Fe>Mn

Ordem geral de limitação: P(18,6 %) > Fe (15,3 %) > K = Mn (13,5 %) > Zn = B (10,2 %) > Ca (8,5 %) > S (6,8 %) > N = Mg (1,7 %).

entre os nutrientes e como são usados dados de lavouras comerciais. O resultado final é rápido e econômico quando comparado com o método convencional.

Os níveis de suficiência obtidos de lavouras onde foi observada produtividade maior ou igual a 40 sacas de café beneficiado por hectare encontram-se no quadro 4.

Comparando os níveis de suficiência para amostras foliares da região do Alto Paranaíba com os observados por Oliveira (1993) e aqueles relacionados pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), observa-se que os teores dos nutrientes estão em níveis adequados, com exceção do B, que apresenta níveis abaixo dos relacionados pelos respectivos autores.

Apesar de esses valores serem estimados a partir de lavouras com produtividade maior ou igual a 40 sacas ha<sup>-1</sup> de café beneficiado, com um manejo mais adequado para o B, pode-se melhorar ainda mais a produtividade dessa cultura. Esse baixo teor estimado pode ser explicado pela época em que as amostras foram coletadas, pois na fase fenológica de chumbinho há pouca água disponível para a planta de café,

dificultando a absorção do B, uma vez que ele é transportado principalmente por fluxo de massa, e também pela sua imobilidade na planta, não havendo redistribuição desse nutriente.

Os valores de Índice de Balanço Nutricional (IBN), Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) e Produtividade de lavouras na região do Alto Paranaíba estão apresentados no quadro 5.

**Quadro 4. Níveis de suficiência estimados pelos índices DRIS para amostras foliares, obtidos de 59 lavouras cafezeiras comerciais, variedade Catuaí, na região do Alto Paranaíba – MG**

Nutriente	Alto Paranaíba	Foliar (Oliveira, 1993)	Foliar (CFSEMG, 1999)
		g kg <sup>-1</sup>	
N	33–36	31,5	29–32
P	1,4–1,8	1,7	1,2–1,6
K	46–52	21,1	18–22
Ca	11–12	13	10–13
Mg	8,0–9,0	3,6	3,1–4,5
S	2,0–3,0	2,0	1,5–2,0
		mg kg <sup>-1</sup>	
B	30–42	51	40–80
Fe	235–263	99	70–180
Mn	158–240	123	50–200
Zn	18–19	9	10–20

**Quadro 5. Valores de IBN, IBSm e Produtividade para 59 lavouras cafezeiras comerciais da variedade Catuaí na região do Alto Paranaíba – MG**

Nº lavoura	IBN	IBNm	Produtividade	Nº lavoura	IBN	IBNm	Produtividade
			sc ha <sup>-1</sup>				sc ha <sup>-1</sup>
1	307	31	20	31	744	74	40
2	484	48	70	32	763	76	25
3	694	69	50	33	289	29	42
4	217	22	50	34	1041	104	38
5	1062	106	51	35	834	83	22
6	663	66	10	36	544	54	25
7	963	96	28	37	419	42	38
8	2872	287	25	38	596	60	50
9	1108	111	15	39	351	35	38
10	1182	118	30	40	388	39	43
11	407	41	55	41	803	80	50
12	461	46	42	42	613	61	58
13	591	59	15	43	664	66	46
14	1098	110	20	44	292	29	28
15	1707	171	55	45	773	77	20
16	825	83	67	46	692	69	30
17	1552	155	38	47	145	15	10
18	363	36	54	48	652	65	62
19	940	94	25	49	226	23	50
20	329	33	30	50	379	38	50
21	1788	179	30	51	670	67	58
22	916	92	30	52	343	34	50
23	868	87	21	53	202	20	50
24	916	92	40	54	268	27	56
25	623	62	20	55	605	61	60
26	932	93	25	56	576	58	44
27	1182	118	35	57	298	30	40
28	892	89	18	58	1664	166	40
29	826	82	10	59	590	59	19
30	8208	821	13	-	-	-	-

Costa (2001), Wadt (1996) e Wadt et al. (1999), trabalhando com a cultura de café arábica, soja e café conilon, respectivamente, obtiveram uma relação entre IBN e produtividade, que se traduz em: na ocorrência de um valor de IBN baixo, pode-se obter alta ou baixa produtividade – em ambos os casos, a lavoura encontra-se nutricionalmente equilibrada. Entretanto, quando se obtém baixa produtividade, fatores de ordem não nutricional estão afetando a produtividade. Na relação IBN alto e produtividade baixa, esta ocorre devido ao desequilíbrio nutricional da lavoura.

Na figura 1 é apresentada a relação entre Índice de Balanço Nutricional (IBN) e Produtividade. Observa-se que a maior parte das lavouras apresenta IBN baixo e produtividade baixa e alta; essas produtividades não se devem a um desequilíbrio nutricional, e sim a outros fatores de ordem não nutricional, como: irrigação e manejos inadequados. Poucas lavouras apresentam IBN alto e produtividade baixa, e isso ocorre devido ao desequilíbrio nutricional delas, a exemplo da lavoura número 8, com limitação de Mn e da lavoura número 30, com limitação de P (Quadros 3 e 5); esses dados vão de encontro aos obtidos por Costa (1995), que observou altos valores de IBN em lavouras de alta produtividade.

A porcentagem de lavouras que possuem chances de responder à adubação de determinado nutriente, de acordo com os índices DRIS para amostras foliares, encontra-se no quadro 6.

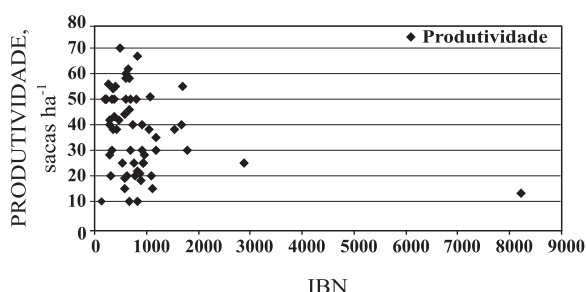


Figura 1. Relação entre Índice de Balanço Nutricional e Produtividade em 59 lavouras cafeeiras do Alto Paranaíba-MG.

Pode-se observar que o P foi limitante por deficiência em 18,6 % das lavouras (Quadro 3) e se obteria resposta favorável à adubação com esse nutriente em 23,7 % das lavouras (Quadro 6), somando-se a frequência com que ele aparece com potencial de resposta positiva e positiva ou nula. Esse mesmo fato pode ser observado para o Fe, que se apresenta como mais limitante em 15,3 % das lavouras (Quadro 3), ou seja, possui menor índice DRIS para esse nutriente; contudo, o PRA apontou que 13,6 % das lavouras teriam resposta positiva à adubação com esse elemento, acontecendo o mesmo com o K e o Mn (Quadro 6). O PRA apontou também a necessidade de adubação com Ca, Zn, Fe e K em 30,5; 23,7; 23,7; e 13,6 % das lavouras, respectivamente, com resposta positiva ou nula.

Ainda, o PRA apontou que 28,8 e 20,3 % das lavouras teriam sua produção limitada pelo excesso de Zn e P, respectivamente (Quadro 6). Menezes et al. (2000), avaliando o PRA em lavouras cafeeiras de quatro regiões do Estado de Minas Gerais, observaram que, na região de Manhuaçu, 24 % das lavouras de alta produtividade responderiam positivamente à adubação com S e 19,2 % teriam sua produção limitada pelo excesso de Zn.

As correlações entre as concentrações dos nutrientes nas amostras foliares que geraram os índices DRIS e as correlações entre os índices DRIS estão apresentadas nos quadros 7 e 8, respectivamente.

Comparando os quadros 7 e 8, pode-se observar que os coeficientes de correlações entre os índices DRIS apresentam maiores valores, significativos a 5 %. Com isso, há melhor explicação do comportamento de um nutriente frente aos outros envolvidos na obtenção dos índices, como pode ser observado na relação P e K, na qual houve aumento no coeficiente de correlação de 0,50 para 0,90 quando se usaram os índices DRIS. Isso mostra com mais clareza a relação entre P e K na cultura cafeeira. Contudo, esse resultado não é observado por Malavolta et al. (1997). Esses autores trabalharam apenas com concentração de nutrientes e relataram essa relação como sendo negativa. Esses

Quadro 6. Proporção de lavouras com Potencial de Resposta à Adubação (PRA) para macro e micronutrientes na região do Alto Paranaíba – MG

Nutriente	PRA				
	Positiva	Positiva ou nula	Nula	Negativa ou nula	Negativa
	%				
N	0	0	94,9	0	5,1
P	18,6	5,1	47,5	8,5	20,3
K	13,6	13,6	64,3	6,8	1,7
Ca	6,8	30,5	45,7	15,3	1,7
Mg	1,7	3,4	77,9	10,2	6,8
S	5,1	10,2	57,6	18,6	8,5
B	16,9	11,9	40,7	28,8	1,7
Fe	13,6	23,7	44,0	10,2	8,5
Mn	13,6	10,2	50,7	11,9	13,6
Zn	8,5	23,7	35,6	3,4	28,8

**Quadro 7. Correlação entre concentrações dos nutrientes nas amostras foliares de 59 lavouras cafeiras, variedade Catuaí, na região do Alto Paranaíba – MG**

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn
N		ns	ns	-0,3	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P			0,5	ns	ns	0,4	ns	ns	ns	ns
K				ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ca					ns	ns	0,5	0,5	0,3	0,3
Mg						0,3	ns	ns	ns	ns
S							0,4	ns	ns	ns
B								ns	ns	0,6
Fe									0,3	ns
Mn										ns
Zn										

\* significativo a 5 %.

**Quadro 8. Correlação entre índices DRIS para amostras foliares de 59 lavouras cafeiras, variedade Catuaí, na região do Alto Paranaíba – MG**

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn
N		0,5	0,5	-0,7	n.s	0,3	-0,7	-0,4	ns	-0,6
P			0,9	-0,9	0,6	0,8	-0,9	-0,5	-0,7	-0,8
K				-0,9	0,4	0,8	-0,8	-0,5	-0,7	-0,8
Ca					0,4	-0,9	0,8	0,7	0,8	0,8
Mg						0,5	-0,5	ns	ns	-0,6
S							-0,5	-0,8	-0,9	-0,5
B								ns	0,3	0,9
Fe									0,8	ns
Mn										0,4
Zn										

autores ainda observaram relação positivas entre N e Ca, P e Ca e Mg e P.

A correlação entre os índices DRIS mostrados no quadro 8 dá uma ideia do manejo da adubação, pois com os coeficientes de correlação apresentados podem-se observar as relações entre os nutrientes na planta. Quando se faz uma adubação com N, P e K, deve-se ter atenção para os teores de Ca, B, Fe, Mn e Zn, devido ao antagonismo entre estes nutrientes e aqueles adicionados. Por outro lado, o fornecimento de Ca para a cultura irá proporcionar aumento nos teores dos micronutrientes, em razão das relações positivas entre eles. Entretanto, há restrições aos aumentos nos teores de N, P e K, devido ao antagonismo entre eles.

Para entendimento da interatividade dos nutrientes, Olsen (1972) resumiu em quatro itens as possibilidades de efeito de uma adubação: (a) interação dos nutrientes no solo, podendo haver competição pelo mesmo sítio de absorção; (b) diminuição da taxa de translocação das raízes para a parte aérea; (c) um simples efeito de diluição na concentração de um nutriente em função do maior crescimento promovido

pela aplicação de outro nutriente; e (d) um metabolismo celular desordenado devido a um desbalanço entre dois nutrientes.

Foy et al. (1988) observam que o aumento da concentração interna de P pode abaixar a concentração de Mn em alfafa e tabaco. Altas concentrações de P inibem a movimentação do Fe na planta (Olsen, 1972; Lucas & Knezek, 1972), sendo mais acentuada em solos com o pH 7 ou maior. Olsen (1972) relatou ainda que, com a aplicação de P, a redução do conteúdo de Zn depende do balanço de fatores, como o incremento em produção devido ao nutriente aplicado e da concentração de Zn na copa da planta. Tiffin (1972) relatou que, dependendo da relação Ca/P, pode haver inibição da absorção e translocação do Fe. Essa relação do P com os micronutrientes catiônicos pode ser observada no quadro 8, onde os coeficientes de correlação indicam que aumentos nos teores de P contribuem para deficiência de Fe, Mn e Zn, principalmente.

Pode-se observar correlação positiva entre Ca e B (Quadro 8), porém os altos teores de Ca associados a pH elevado podem induzir a absorção de B (Lucas & Knezek, 1972). Em condições de excesso de B no solo ou substrato, Olsen (1972) relatou que o efeito tóxico do excesso desse elemento pode ser reduzido ou prevenido pela aplicação de Ca. Por outro lado, ele relata que a relação K/B tem efeito negativo, ou seja, oposto à correlação Ca/B, o que está de acordo com os resultados do quadro 8.

O Ca, com sua atuação na estabilidade funcional da membrana, acaba por favorecer o incremento dos teores de micronutrientes, mesmo que alguns sofram com a inibição competitiva que o Ca, quando presente, exerce sobre eles (Malavolta et al., 1997). Esse nutriente, em teores elevados, dificulta a absorção do K, mas em teores mais baixos favorece a entrada deste elemento na planta (Marschner, 1997; Malavolta et al., 1997).

Apesar de ser observado sinergismo entre Ca/Mn, Moore (1972) e Clarkson (1988) relatam grande diminuição na absorção de Mn quando em presença de Ca e Mg, com o incremento na absorção destes. Marschner (1997) afirma que, quando Ca e K são aplicados ao solo, competem efetivamente com Mg, causando deficiência induzida. O K foi apontado por Moore (1972) como responsável pela redução na absorção de Mn, o que é confirmado no presente trabalho. Foy et al. (1988) notaram diminuição na concentração de Mn nas folhas e incremento do peso de matéria fresca devido à interação com K.

Observa-se que os índices de N, P, K e S relacionaram-se de forma negativa, quando correlacionados com os índices do Fe (Quadro 8). Lucas & Knezek (1972) destacaram como os principais nutrientes que acarretam deficiência de Fe os altos teores de P, Zn, Mn, Cu e Mo. Neste trabalho, pode-se observar que o Fe teve correlação positiva com o Mn, indicando que o acúmulo de um está favorecendo o acúmulo do outro pela planta, ou seja, refletem aqui



uma interação sinérgica. Dessa forma, os nutrientes observados como responsáveis pelos efeitos negativos sobre o Mn são o P, K e S. Moore (1972) acrescenta que Na e K também influenciam na absorção de Mn, podendo levar a uma situação de deficiência.

Por meio do teste de correlação dos índices DRIS para amostras foliares, podem-se perceber as interações entre os nutrientes de forma mais eficiente do que quando se faz a correlação entre concentrações de nutrientes nas folhas.

## CONCLUSÕES

1. O DRIS apontou os principais nutrientes limitantes à produtividade na região do Alto Paranaíba – MG: P, Fe, K = Mn e Zn = B.

2. Os nutrientes com maior probabilidade de resposta positiva à adubação em lavouras cafeeiras do Alto Paranaíba – MG foram: P, B, Fe, K e Mn.

3. As correlações positivas entre os índices DRIS foram: N(P, K e S), P(K, Mg e S) e K(Mg e S); e as correlações negativas: N(Ca, B, Fe e Zn), P(Ca, B, Fe, Mn e Zn) e K(Ca, B, Fe, Mn e Zn).

## AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café – da Embrapa.

## LITERATURA CITADA

- BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R. & SANTOS, W.R. Princípio da diagnose foliar. In: ALVAREZ, V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.647-660.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Métodos de análises químicas de plantas. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 48p. (Boletim, 78)
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration base on principles developed from research in plant nutrition. B. Soil Sci., 1:1-132, 1973.
- CLARKSON, D.T. The uptake and translocation of manganese by plant roots. In: GRAHAN, R.D.; HANNAN, R.J. & UREN, N.C., eds. Manganese in soil and plants. Dordrecht, Kluwer Academic, 1988. p.101-111.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.
- COSTA, A.N. Método de interpretação e diagnose foliar em café. In: ZAMBOLIM, L., ed. Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. p.617-646.
- COSTA, A.N. Uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 1995. 94p. (Tese de Doutorado)
- EWALI, A.M.O. & GASCHO, G.J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. Agron. J., 80:466-470, 1984.
- FOY, C.D.; SCOTT, B.J. & FISHER, J.A. Genetics and breeding of plants tolerant of manganese toxicity. In: GRAHAN, R.D.; HANNAN, R.J. & UREN, N.C., eds. Manganese in soil and plants. Dordrecht, Kluwer Academic, 1988. p.293-307.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1990. 467p.
- JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 12:785-794, 1981.
- LUCAS, R.E. & KNEZEK, B.D. Climatic and soil conditions promoting micronutrients in plants. In: MOTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.265-288.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E. Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. IV – Café. São Paulo, Centro de Pesquisa e Promoção do Sulfato de Amônio, 1986. 41p. (Boletim Técnico, 4)
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London, Academic Press, 1997. 889p.
- MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; MENEZES, J.F.S.; OLIVEIRA, J.A.; ALVARENGA, A.P. & GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Manhuaçu e Patrocínio. Belo Horizonte, Epamig, 2000. 35p. (Boletim Técnico, 59)
- MENEZES, J.F.S.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; ALVAREZ V., V.H.; SOUZA, R.B. & GUIMARÃES, P.T.G. Potencial de resposta à adubação em lavouras cafeeiras de quatro regiões do Estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. Resumos expandidos... Brasília, Embrapa Café e MINASPLAN, 2000. v.2. p.1314-1317.
- MOORE, D.P. Mechanisms of micronutrient uptake by plants. In: MOTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.171-198.

- OLIVEIRA, S.A. & SOUSA, D.M.G. Uso do DRIS Modificado na interpretação de análise de solo para soja no leste de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1993, Goiânia. Resumos... Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. v.1. p.83-84.
- OLIVEIRA, S.A. Avaliação do balanço no sistema solo-planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1993, Goiânia. Resumos... Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. v.1. p.43-44.
- OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MOTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.243-264.
- REISENAUER, H.M. Determination of plant-available soil manganese. In: GRAHAN, R.D.; HANNAN, R.J. & UREN, N.C., eds. Manganese in soil and plants. Dordrecht, Kluwer Academic, 1988. p.87-98.
- SANTOS, W.R. Métodos diagnósticos do equilíbrio nutricional dos macronutrientes em citros. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997. 56p. (Tese de Mestrado)
- SILVA, R.A.; CAVALCANTE, L.F.; PAES, R.A.; HOLANDA, J.S. & COMASSETTO, F. Avaliação do estado nutricional do coqueiro anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. R. Caatinga, 21:17-28, 2008.
- TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MOTVERDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.199-229.
- WADT, P.G.S. Loucos em terras de doidos. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 24:15-19, 1999. (Boletim Informativo). B. Inf. SBSC, 24: 15-19, 1999.
- WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & BRAGANÇA, S.M. Alternativas do "DRIS" à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Sci. Agríc., 56:83-92, 1999.
- WADT, P.G.S. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucaliptos. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p. (Tese de Doutorado)