

FAIXAS NORMAIS DE NUTRIENTES PELOS MÉTODOS ChM, DRIS E CND E NÍVEL CRÍTICO PELO MÉTODO DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL REDUZIDA PARA LARANJEIRA-PERA⁽¹⁾

Marcos Antonio Camacho⁽²⁾, Murilo Vargas da Silveira⁽³⁾, Ricelly Aline Camargo⁽³⁾ & William Natale⁽⁴⁾

RESUMO

A utilização de métodos de diagnose nutricional para definição de teores ótimos e níveis críticos de nutrientes em tecidos vegetais tem se demonstrado promissora, desde que se conheçam suas limitações. Este trabalho teve como objetivo determinar as faixas normais de nutrientes para a cultura da laranjeira-pera em uma população, utilizando os métodos Chance Matemática (ChM), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND), além do Nível Crítico, pelo método de distribuição normal reduzida. O trabalho foi realizado no município de Bebedouro-SP, na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro. Utilizaram-se como base de dados teores totais de nutrientes de 50 amostras foliares e a produtividade da laranjeira-pera, oriundas de um experimento cujo fator de avaliação foram doses de calcário aplicadas superficialmente. Para o N, maior valor de ChM foi obtido pela classe 2 (23,6 a 24,7 g kg⁻¹), com valores semelhantes aos obtidos pelo DRIS (22,1 a 24,0 g kg⁻¹) e CND (22,1 a 23,9 g kg⁻¹). Os valores inferiores dessas faixas normais concordam com o do nível crítico alcançado (22,7 g kg⁻¹), sendo este muito próximo do proposto pela literatura. Para os nutrientes P, K, Mg, Zn e B, as faixas normais e os níveis críticos não se assemelharam aos descritos na literatura. Em relação aos nutrientes Ca, Fe, Mn e Cu, seus valores de faixa normal e nível crítico aproximaram-se dos recomendados, possivelmente devido à maior variação em seus teores. A utilização dos métodos propostos, em uma população, foi mais adequada quando houve maior variação nos teores dos nutrientes, além de possibilitar menor amplitude aos valores de faixas normais, quando comparados aos da faixa de terras suficientes encontrados na literatura.

Termos de indexação: *Citrus cinensis*, diagnose foliar, estado nutricional.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 3 de junho de 2011 e aprovado em 14 de outubro de 2011.

⁽²⁾ Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS. Campus de Aquidauana, Rod. Aquidauana/Piraputanga, km 12, Caixa Postal 25, CEP 79200-000 Aquidauana (MS). E-mail: camacho@uems.br

⁽³⁾ Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), UEMS, Campus de Aquidauana. E-mails: murilosilveira@ agronomo.eng.br; ricelly1@hotmail.com

⁽⁴⁾ Professor da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Campus de Jaboticabal. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal (SP) E-mail: natale@fcav.unesp.br

SUMMARY: NORMAL NUTRIENT RANGES BY THE ChM, DRIS AND CND METHODS AND CRITICAL LEVEL BY METHOD OF THE REDUCED NORMAL DISTRIBUTION FOR ORANGE-PERA

The use of nutritional diagnoses methods to define ideal and critical nutrient concentrations in plant tissues has proved promising, provided the limits are known. This study determined the normal nutrient ranges for an orange pear population, using the methods mathematical chance (MCh), Integrated Diagnosis and Recommendation (DRIS) and Compositional Nutrient Diagnosis (CND), in addition to the critical level by the reduced normal distribution method. The study was conducted in Bebedouro, São Paulo state, at the Experimental Station of Bebedouro. The total nutrient contents of 50 leaf samples and orange pear yield from an experiment to test applied limestone rates were used as database. For N, the highest value was obtained by MCh class 2 (23.6–24.7 g kg⁻¹), with values similar to those obtained by DRIS (22.1–24.0 g kg⁻¹) and CND (22.1–23.9 g kg⁻¹). Values below these normal ranges agree with the critical level reached (22.7 g kg⁻¹), which is very close to the threshold proposed in the literature. For P, K, Mg, Zn, and B, normal nutrient ranges and critical levels were distant from those reported in the literature. The Ca, Fe, Mn, and Cu values of the normal range and critical level approached the recommended limits, possibly due to a greater variation in the levels. The proposed methods for a population were more appropriate when variation in nutrient content was greater. The amplitude of normal range was narrower than the range of sufficiency levels found in the literature.

Index terms: Citrus cinensis, leaf analysis, nutritional status.

INTRODUÇÃO

A citricultura brasileira ocupa lugar de destaque no cenário mundial, sendo o Brasil o maior produtor de frutos de laranja e maior exportador de suco, com aproximadamente 650.000 ha cultivados e gerando cerca de 400.000 empregos diretos e indiretos. O Estado de São Paulo produz cerca de 85 % da produção brasileira. Entre as variedades de laranja mais cultivadas nesse Estado, destaca-se a ‘Pera’ (*Citrus cinensis* L. Osbeck), representando 41 % do total (Agrianual, 2010). Embora o Brasil seja o maior produtor mundial de citros, sua produtividade ainda é baixa se comparada à de outros produtores mundiais, visto que o nível de tecnologia ainda não se equipara, especialmente com relação aos manejos de solo e planta (Salvo, 2001).

Entre os diversos fatores que alteram a produção das plantas cítricas está o manejo corretivo da fertilidade do solo, destacando-se o procedimento de correção da acidez por meio de calagem, que proporciona o melhor desenvolvimento do sistema radicular, sobretudo em virtude da maior disponibilização de nutrientes e redução do efeito tóxico do alumínio (Malavolta & Violante Netto, 1989). Complementarmente, análises foliares são essenciais para verificar se há deficiência nutricional, especialmente tratando-se de culturas perenes, ao passo que a interpretação dos dados pode ser realizada por distintos métodos.

Os resultados de análises químicas de plantas são interpretados por diversos métodos. Tradicionalmente, utiliza-se o nível crítico ou as faixas de suficiência, os quais possuem valores definidos na literatura. No entanto, o uso de métodos de diagnose nutricional para definição de faixas de suficiência ou de níveis críticos de nutrientes em tecidos vegetais para regiões específicas sem a necessidade de ensaios de calibração tem se demonstrado promissor, desde que se conheçam suas limitações (Serra et al., 2010a). Nesse sentido, destacam-se os métodos Chance Matemática (ChM), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose de Composição Nutricional (CND), bem como o Nível Crítico, pelo método de distribuição normal reduzida.

O método ChM identifica, para cada fator tomado isoladamente, as faixas infraótima, ótima e supraótima, o nível crítico e o nível ótimo, além de fornecer a classificação dos talhões segundo sua distribuição em cada uma das faixas de suficiência, por meio de um processo matemático de cálculo de probabilidades e interpretação de grande volume de dados nutricionais (Wadt et al., 1998).

O DRIS, proposto inicialmente por Beaufils (1973), utiliza relações entre nutrientes em vez da concentração absoluta e isolada de cada um deles. O método estabelece índices que significam, em uma escala numérica contínua, o efeito de cada nutriente no balanço nutricional da planta (Mourão Filho et

al., 2002). O método DRIS vem sendo aplicado em várias culturas, como algodoeiro (Silva et al., 2009; Serra et al., 2010b), laranjeira (Rodríguez et al., 1997; Mourão Filho, 2005), bananeira (Teixeira et al., 2002, 2007), entre outras, o que possibilita a ordenação dos nutrientes mais limitantes (Silva, 2005).

Conforme Serra et al. (2010b), o CND assemelha-se ao DRIS, compartilhando os mesmos objetivos – um dos principais é ordenar a limitação dos nutrientes na planta. Esse método foi desenvolvido por Parent & Dafir (1992) com base no método de análise composicional de Aitchison (1982), analisando os dados dentro de variável multinutriente.

Além dos métodos mencionados, tem-se o Nível Crítico determinado por meio da distribuição normal reduzida, proposto por Maia et al. (2001). Esse método permite a determinação de nível crítico em tecido vegetal com base em dados oriundos de condições de campo, sem a necessidade de ensaios de calibração. Como exigência do método, os dados devem obedecer à distribuição normal.

Este trabalho teve como objetivo determinar as faixas normais de nutrientes para a cultura da laranjeira-pera, mediante a utilização dos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação e Diagnose da Composição Nutricional, além do Nível Crítico, pelo método de distribuição normal reduzida, com base em dados de uma população restrita, cujo fator de variação foram doses de calcário calcinado.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no município de Bebedouro-SP, na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (EECB), utilizando-se os dados de produtividade acumulada dos anos 2000 e 2001. O pomar foi implantado em dezembro de 1985, sendo usada como copa a laranjeira-pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) e, como porta-enxerto, a tangerina Cleópatra (*Citrus reshni* Hort. ex. tan), em espaçamento de 7 x 5 m. O solo da área é um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura média, A moderado, álico.

A população amostrada consistiu das parcelas de um experimento que teve como fator em estudo a aplicação superficial de calcário calcinado. Os tratamentos consistiram de cinco doses de calcário (0; 0,552; 1,104; 1,656; e 2,208 t ha⁻¹). A dose de 1,104 t ha⁻¹ é a recomendada para elevar a saturação por bases a 70 %. As adubações, durante todo o período experimental, foram realizadas tendo como base as recomendações do Grupo Paulista de Adubação de Citros (1996).

Amostras de folhas para análise química foram retiradas de três plantas centrais de cada parcela, seguindo o método proposto por Raij et al. (1996). As produtividades foram calculadas com base nas colheitas realizadas nos meses de julho/agosto (colheita principal), nos anos de 2000 e 2001, sendo depois adicionadas produções extemporâneas, pois a variedade Pera tende a produzir frutos durante todo o ano.

Utilizaram-se, como base de dados, os teores totais de nutrientes de 50 amostras foliares e a produtividade de laranja-pera oriunda de talhões com média de 40,80 t ha⁻¹. Para ajuste do método, a população foi dividida em duas classes: uma com produtividade acima de 48,64 t ha⁻¹, definida como subpopulação de alta produtividade, cuja produção de laranjas foi superior à média mais 0,5 desvio-padrão, e outra com produtividade abaixo desta.

A análise pelo método da chance matemática foi realizada conforme indicações de Wadt et al. (1998); para cada nutriente em estudo, os teores foliares foram classificados em ordem crescente e distribuídos em um número de classes definido como a raiz quadrada do número de observações. Os intervalos de valores de cada classe foram então determinados, dividindo-se a amplitude dos teores do nutriente em questão pelo número de classes estabelecido, de acordo com Wadt (1996). Em cada classe, calculou-se a chance matemática (ChM_i) conforme a equação:

$$\text{ChM}_i = (\text{ChM}(A_i/A) \times \text{ChM}(A_i/C_i))^{0,5}$$

em que ChM(A_i/A) = P(A_i/A) x PROD_i; P(A_i/A) = frequência de lavouras de alta produtividade na classe i, em relação ao total geral de talhões de alta produtividade; PROD_i = produtividade média dos talhões de alta produtividade na classe i (t ha⁻¹); ChM(A_i/C_i) = P(A_i/C_i) x PROD_i; e P(A_i/C_i) = frequência de talhões de alta produtividade na classe i, em relação ao total geral de talhões na classe i. Os limites inferiores e superiores das classes de teor de nutrientes que apresentaram as maiores chances matemáticas foram considerados a faixa normal.

Para determinação das faixas normais pelo método DRIS, foram calculados a média, o coeficiente de variação e a variância para o grupo de referência e de baixa produtividade, utilizando todas as relações possíveis (ex.: A/B ou B/A). Para cada par de nutriente, a forma de expressão do quociente entre eles que forneceu a maior razão de variância entre o grupo de baixa produtividade e de referência foi selecionada para ser usada no DRIS, conforme descrito por Walworth et al. (1986) e Hartz et al. (1998). A avaliação para escolha das normas foi determinada pelo método de escolha das relações entre os nutrientes, propostas por Nick (1998), sendo denominadas de fator r. O fator r é encontrado por

meio da correlação entre as relações de nutrientes (A/B ou B/A) e a produtividade, sendo escolhida a relação de maior módulo para correlação com a produtividade.

As funções intermediárias para geração dos índices DRIS foram calculadas pela fórmula de Jones (1981):

$$f(A/B) = (A/B - a/b) \cdot K/s$$

em que A/B = valor da relação entre as concentrações dos dois nutrientes na planta sob diagnóstico; a/b e s = as médias e os desvios-padrão das relações (A/B) entre nutrientes das amostras da população de referência; e K = 10 (constante de valor arbitrário).

Como valores nulos dos índices DRIS caracterizam condição de equilíbrio nutricional, uma vez que os valores dos índices refletem os desvios padronizados em relação aos valores de referência, podem-se estimar os teores ótimos de nutrientes por meio do ajuste de modelos estatísticos do relacionamento entre teores foliares de nutrientes e os índices DRIS, na subpopulação de alta produtividade. A faixa normal foi obtida pela definição dos teores correspondentes ao intervalo de índices DRIS entre $-2/3 s$ e $2/3 s$ (Wadt et al., 1998; Kurihara, 2004; Urano et al., 2007).

As normas CND foram constituídas da média aritmética e do desvio-padrão das variáveis multinutrientes na população de alta produtividade, de acordo com Khiari et al. (2001). As variáveis multinutrientes (VA) consistiram do logaritmo neperiano do quociente entre a concentração de cada nutriente (A) (g kg^{-1}) e a média geométrica das concentrações dos constituintes da matéria seca (G), adaptado de Khiari et al. (2001):

$$G = (A_x B_x \dots x C_x R)^{1/n-1}$$

$$VA = \ln (A / G)$$

Os índices CND foram calculados pela diferença entre as variáveis multinutrientes no talhão avaliado (VA) e na média da população de referência (VA*), dividida pelo desvio-padrão desta variável na população de referência (SA*):

$$IA = (VA - VA^*)/SA^*$$

Os limites inferior e superior da faixa normal de concentração de nutrientes pelo método CND foram determinados de modo análogo ao utilizado pelo método DRIS (Kurihara, 2004).

A obtenção do nível crítico pela distribuição contínua de probabilidade, proposta por Maia et al. (2001), é baseada na distribuição normal reduzida. Para isso, são necessários dados de produtividade (P)

e de Q, em que Q é definido como a relação entre P e n_i ($Q = P/n_i$), sendo n_i o teor do nutriente para o qual se deseja encontrar o nível crítico. O nível crítico é obtido pela fórmula:

$$NC_i = (1,281552 s_1 + \bar{Y}_1)/(1,281552 s_2 + \bar{Y}_2)$$

em que \bar{Y}_1 e s_1 são a média aritmética e o desvio-padrão de P, e \bar{Y}_2 e s_2 , a média e o desvio-padrão de Q, respectivamente. A pressuposição básica para se encontrar o nível crítico pela distribuição contínua de probabilidade é a de que os dados de P e Q sigam distribuição normal. Para isso, testou-se a normalidade das variáveis citadas por meio do teste de Lilliefors (Conover, 1971). Quando não se observou a normalidade dos dados, estes foram transformados por logaritmo neperiano (ln).

RESULTADOS

O maior valor de ChM para o N foi obtido pela classe 2 (23,6 a 24,7 g kg^{-1}) (Quadro 1), com valores semelhantes aos obtidos pelos métodos DRIS (22,1 a 24,0 g kg^{-1}) e CND (22,1 a 23,9 g kg^{-1}). Os valores inferiores dessas faixas normais concordam com o nível crítico alcançado (22,7 g kg^{-1}). Para o P, o maior valor de ChM para obtenção de produtividades superiores a 48,64 t ha^{-1} foi obtido nos limites da classe 2, tendo a faixa de 0,9 a 1,0 g kg^{-1} . Com relação ao K, os maiores valores de ChM foram observados nas classes 5 e 6, com faixa normal do teor de K entre 6,4 e 7,9 g kg^{-1} .

O Ca foi o nutriente com maior variação no seu fornecimento no solo para as plantas, em função das doses de calagem, sendo sua faixa normal obtida entre as classes 2 e 5, ficando assim na faixa de 29,8 a 37,5 g kg^{-1} . Assim como o Ca, o Mg teve fornecimento variado via calagem, obtendo valores na faixa normal de 4,6 a 6,2 g kg^{-1} , sendo representado pelas classes 4 a 7 (Quadro 1).

Da mesma forma com que se determinaram os valores de ChM para alguns macronutrientes, estimou-se de modo probabilístico a chance de classes de teores de micronutrientes apresentarem produtividade superior a 48,64 t ha^{-1} (Quadro 1). Para o Fe, os maiores valores de ChM compreenderam as classes 6 e 7, com faixa normal de 52 a 84,6 mg kg^{-1} . A faixa normal para o Mn ficou entre 38,3 e 62,7 mg kg^{-1} , estando dentro da faixa de 3 a 5. Na determinação das faixas normais para o Zn, as classes 4 e 5 obtiveram maiores valores de ChM, estimando a faixa de 22,0 a 27,0 mg kg^{-1} . A faixa normal para o B foi obtida na classe 6 (23,9 a 27,7 mg kg^{-1}). A faixa normal para o Cu ficou entre 8,7 e 10,1 mg kg^{-1} , estando dentro da classe 3.

Quadro 1. Valores de chance matemática (ChM)⁽¹⁾ estabelecidos para diferentes classes de distribuição de teores de macronutrientes em amostras de folhas de laranjeira-pera coletadas em um pomar no município de Bebedouro-SP, em 2000 e 2001

Classe	LIi ⁽²⁾	LSi ⁽³⁾	PRODi ⁽⁴⁾	P1 ⁽⁵⁾	P2 ⁽⁶⁾	ChM	LIi ⁽²⁾	LSi ⁽³⁾	PRODi ⁽⁴⁾	P1 ⁽⁵⁾	P2 ⁽⁶⁾	ChM
	— g kg ⁻¹ —		t ha ⁻¹			t ha ⁻¹	— mg kg ⁻¹ —			t ha ⁻¹		t ha ⁻¹
			Nitrogênio						Ferro			
1	24,69	25,80	46,96	0,07	0,25	6,06	149,71	166,00	33,83	0	0	0
2	23,57	24,68	47,70	0,47	0,50	23,04	133,43	149,70	41,84	0,07	0,25	5,40
3	22,46	23,56	39,90	0,13	0,25	7,28	117,14	133,42	34,79	0,13	0,18	5,42
4	21,34	22,45	32,03	0,20	0,27	7,48	100,86	117,13	27,84	0	0	0
5	20,23	21,33	39,66	0,13	0,25	7,24	84,57	100,85	37,30	0,07	0,50	6,81
6	19,11	20,22	38,32	0	0	0	68,29	84,56	47,39	0,67	0,43	25,52
7	18,00	19,10	39,70	0	0	0	52,00	68,28	68,88	0,07	1,00	17,78
			Fósforo						Manganês			
1	1,02	1,10	48,67	0,20	0,38	13,33	70,86	79,00	40,63	0	0	0
2	0,94	1,01	47,31	0,40	0,60	23,18	62,71	70,85	30,24	0	0	0
3	0,86	0,93	46,75	0,13	0,33	9,85	54,57	62,70	55,09	0,13	1,00	20,12
4	0,77	0,85	25,87	0	0	0	46,43	54,56	43,77	0,13	0,40	10,11
5	0,69	0,76	33,53	0,07	0,50	6,12	38,29	46,42	43,75	0,40	0,46	18,80
6	0,61	0,68	30,55	0,07	0,11	2,63	30,14	38,28	40,13	0,27	0,22	9,77
7	0,53	0,60	37,82	0,13	0,14	5,22	22,00	30,13	34,91	0,07	0,10	2,85
			Potássio						Zinco			
1	10,14	10,90	30,23	0,07	0,20	3,49	33,00	36,00	25,87	0	0	0
2	9,39	10,13	34,08	0,07	0,17	3,59	30,00	32,99	39,01	0	0	0
3	8,63	9,38	37,85	0,07	0,20	4,37	27,00	29,99	47,03	0,07	0,33	7,01
4	7,87	8,62	42,94	0,13	0,22	7,39	24,00	26,99	47,98	0,33	0,63	21,90
5	7,11	7,86	45,00	0,27	0,40	14,70	21,00	23,99	49,10	0,40	0,46	21,10
6	6,36	7,10	43,02	0,33	0,38	15,41	18,00	20,99	26,06	0,07	0,10	2,13
7	5,60	6,35	49,74	0,07	0,50	9,08	15,00	17,99	39,46	0,13	0,17	5,88
			Cálcio						Boro			
1	37,49	39,40	30,60	0	0	0	43,14	47,00	28,81	0	0	0
2	35,57	37,48	58,66	0,13	1,00	21,42	39,29	43,13	46,61	0,20	0,50	14,74
3	33,66	35,56	35,84	0,07	0,11	3,08	35,43	39,28	32,50	0	0	0
4	31,74	33,65	39,30	0,13	0,15	5,63	31,57	35,42	34,20	0,13	0,29	6,68
5	29,83	31,73	41,77	0,40	0,60	20,46	27,71	31,56	45,00	0,13	0,25	8,22
6	27,91	29,82	47,37	0,27	0,36	14,75	23,86	27,70	49,82	0,33	0,63	22,74
7	26,00	27,90	29,98	0	0	0	20,00	23,85	41,80	0,20	0,33	10,79
			Magnésio						Cobre			
1	7,00	7,40	30,00	0	0	0	11,57	13,00	44,49	0,13	0,50	11,49
2	6,60	6,99	34,75	0	0	0	10,14	11,56	40,93	0	0	0
3	6,20	6,59	38,39	0,20	0,30	9,40	8,71	10,13	43,84	0,33	0,50	17,90
4	5,80	6,19	50,31	0,27	0,40	16,43	7,29	8,70	46,59	0,07	0,17	4,91
5	5,40	5,79	48,49	0,33	0,56	20,87	5,86	7,28	43,14	0,27	0,33	12,86
6	5,00	5,39	34,27	0,07	0,10	2,80	4,43	5,85	31,07	0	0	0
7	4,60	4,99	56,94	0,13	0,67	16,98	3,00	4,42	37,45	0,20	0,33	9,67

⁽¹⁾ Wadt et al. (1998). ⁽²⁾ Limite inferior da classe “i”. ⁽³⁾ Limite superior da classe “i”. ⁽⁴⁾ Produtividade média dos talhões na classe “i”. ⁽⁵⁾ Frequência de talhões de alta produtividade na classe “i” em relação ao total de talhões de alta produtividade. ⁽⁶⁾ Frequência de talhões de alta produtividade na classe “i” em relação ao total de talhões na classe “i”.

Foram ajustadas equações de regressão para os relacionamentos entre teores de nutrientes em folhas de laranjeira-pera e índices DRIS e CND, utilizando o aplicativo BioEstat. Os dados foram ajustados aos modelos lineares ($p < 0,01$). O coeficiente de determinação esteve entre 0,70, para o relacionamento entre os teores de Ca foliar e os índices CND de Ca, e 0,97, para o relacionamento entre os teores de Fe foliar e os índices DRIS e CND de Fe (Quadro 2).

As faixas normais de nutrientes determinadas pelos métodos DRIS e CND foram semelhantes, porém os resultados pela ChM não foram tão próximos aos desses métodos. Os níveis críticos determinados pelo critério de distribuição normal reduzida estiveram sempre próximos aos limites inferiores das faixas determinadas pelos métodos ChM, DRIS e CND. Observa-se, ainda, que os nutrientes N, Fe, Mn e Cu obtiveram faixas normais

Quadro 2. Modelos estatísticos dos relacionamentos entre teores de nutrientes e índices DRIS e CND em amostras de folhas de laranja-pera coletadas em Bebedouro-SP, em 2000 e 2001

Nutriente	Método estatístico	Modelo	R ²
N	DRIS	$N = 23,062 + 0,022^{**} I_N$	0,79
	CND	$N = 22,914 + 1,444^{**} I_N$	0,76
P	DRIS	$P = 0,916 + 0,002^{**} I_P$	0,92
	CND	$P = 0,897 + 0,178^{**} I_P$	0,95
K	DRIS	$K = 7,840 + 0,016^{**} I_K$	0,83
	CND	$K = 7,757 + 1,071^{**} I_K$	0,87
Ca	DRIS	$Ca = 31,546 + 0,040^{**} I_{Ca}$	0,74
	CND	$Ca = 31,548 + 2,524^{**} I_{Ca}$	0,70
Mg	DRIS	$Mg = 5,686 + 0,009^{**} I_{Mg}$	0,83
	CND	$Mg = 5,782 + 0,629^{**} I_{Mg}$	0,80
Fe	DRIS	$Fe = 64,194 + 0,216^{**} I_{Fe}$	0,97
	CND	$Fe = 71,276 + 30,028^{**} I_{Fe}$	0,97
Mn	DRIS	$Mn = 44,595 + 0,089^{**} I_{Mn}$	0,90
	CND	$Mn = 43,935 + 7,921^{**} I_{Mn}$	0,91
Zn	DRIS	$Zn = 22,343 + 0,059^{**} I_{Zn}$	0,91
	CND	$Zn = 23,563 + 3,045^{**} I_{Zn}$	0,92
B	DRIS	$B = 29,997 + 0,079^{**} I_B$	0,92
	CND	$B = 29,212 + 6,690^{**} I_B$	0,92
Cu	DRIS	$Cu = 7,832 + 0,018^{**} I_{Cu}$	0,90
	CND	$Cu = 7,651 + 2,424^{**} I_{Cu}$	0,95

⁽¹⁾ Jones (1981). ⁽²⁾ Conforme Khiari et al. (2001), porém com média geométrica dos constituintes da massa seca expressa em g kg⁻¹. ^{**} indica p < 0,01.

compreendidas dentro dos limites estabelecidos na literatura com menor amplitude (Quadro 3).

DISCUSSÃO

Os métodos ChM, DRIS e CND e o de obtenção do nível crítico pelo critério de distribuição normal reduzida possibilitam a utilização de dados oriundos do campo, e não apenas de ensaio controlado. Contudo, as exigências do controle experimental podem ser ignoradas, contanto que haja quantidade relativamente grande de informações e variação sobre o fator a ser analisado (Maia et al., 2001). No presente estudo, os dados são oriundos de um experimento que teve como fator de avaliação doses de calcário calcítico, e as demais condições foram padronizadas, gerando assim pouca variação dos teores de alguns nutrientes.

Os valores de faixas normais e nível crítico determinados neste trabalho para os nutrientes N, Fe, Mn e Cu foram semelhantes e estiveram dentro da faixa de suficiência recomendada pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros (1996). As variações dos teores desses nutrientes – que

Quadro 3. Faixa normal de nutrientes em folha de laranja-pera obtida pelos métodos da chance matemática (ChM)⁽¹⁾, DRIS⁽²⁾ e CND⁽³⁾ e nível crítico determinado pelo critério da distribuição normal reduzida para a laranja-pera, em Bebedouro-SP – produções de 2000 e 2001

Nutriente	Método	Faixa normal	Nível crítico ⁽⁴⁾
g kg ⁻¹			
N	ChM	23,6–24,7	22,7
	DRIS	22,1–24,0	
	CND	22,1–23,9	
	Literatura	23,0–27,0	
P	ChM	0,9– 1,0	0,7
	DRIS	0,8– 1,0	
	CND	0,8– 1,0	
	Literatura	1,2– 1,6	
K	ChM	6,4– 7,9	7,5
	DRIS	7,0– 8,7	
	CND	6,8– 8,6	
	Literatura	10,0–15,0	
Ca	ChM	29,8–37,5	30,9
	DRIS	30,0–33,1	
	CND	30,0–33,1	
	Literatura	35,0–45,0	
Mg	ChM	4,6– 6,2	5,6
	DRIS	5,3– 6,0	
	CND	5,4– 6,1	
	Literatura	2,5– 4,0	
mg kg ⁻¹			
Fe	ChM	52,0–84,6	55,6
	DRIS	43,4–85,0	
	CND	50,5–92,1	
	Literatura	50,0–120,0	
Mn	ChM	38,3–62,7	36,8
	DRIS	38,6–50,6	
	CND	37,9–50,0	
	Literatura	35,0–50,0	
Zn	ChM	21,0–27,0	20,5
	DRIS	20,0–24,7	
	CND	21,2–25,9	
	Literatura	35,0–50,0	
B	ChM	23,9–27,7	27,4
	DRIS	25,4–34,6	
	CND	24,6–33,8	
	Literatura	36,0–100,0	
Cu	ChM	8,7–10,1	5,8
	DRIS	6,1– 9,6	
	CND	5,9– 9,4	
	Literatura	4,1–10,0	

⁽¹⁾ Faixa normal estimada a partir dos limites inferior e superior das classes de frequência com maiores valores de chance matemática (Wadt, 1998). ⁽²⁾ para um índice DRIS calculado por Jones (1981), determinado pela concentração do nutriente com índice igual a zero $\pm 2/3$ s, de acordo com Kurihara (2004). ⁽³⁾ para um índice CND calculado conforme Khiari et al. (2001) e determinado pela concentração do nutriente com índice igual a zero $\pm 2/3$ s, de acordo com Kurihara (2004). ⁽⁴⁾ Nível crítico determinado pelo critério da distribuição normal reduzida, conforme Maia et al. (2001).

possibilitaram o uso eficiente dos métodos avaliados – podem ser decorrentes do efeito das doses de

calcário calcítico aplicadas superficialmente e da sua capacidade de reação com o solo, alterando o pH, o que, conseqüentemente, altera de forma direta a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos (Fe, Mn, Cu e Zn), além de favorecer a dinâmica e disponibilização do N no solo (Raij et al., 1996).

Quanto aos demais nutrientes avaliados (P, K, Ca, Mg, Zn e B), os valores de faixas normais determinados pelos métodos ChM, DRIS e CND e pelo nível crítico obtido por meio do critério de distribuição normal reduzida foram muito distantes da faixa de suficiência recomendada pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros (1996). Esse fato pode ser motivado pela menor amplitude de seus valores e, sobretudo, em razão de a grande maioria das amostras possuir os teores desses nutrientes fora dos limites da faixa de teores suficientes recomendada pela literatura, assim como observado por Salvo (2001).

De forma análoga aos trabalhos de Serra et al. (2010a), Urano et al. (2007) e Kurihara (2004), a amplitude das faixas normais foram menores quando comparadas à de faixas de suficiência encontradas na literatura, podendo-se inferir que esses métodos apresentam maior confiabilidade por serem desenvolvidos regionalmente, com menor variabilidade das condições de solo, clima e potencial produtivo, desde que atenda ao seu pressuposto de grande volume de informações e variação.

CONCLUSÃO

A utilização dos métodos propostos, em uma população, foi mais adequada quando houve maior variação nos teores dos nutrientes. As faixas normais determinadas possibilitaram menor amplitude em seus valores, em comparação aos de faixas de teores suficientes encontrados na literatura.

LITERATURA CITADA

- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL 2010. São Paulo, Agra FNP Pesquisas, 2010. p.520
- AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data. *J. Royal Stat. Soc.*, 44:139-177, 1982.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Natal, University Natal, 1973. 130p. (Soil Sci. Bul.)
- CONOVER, N.J. Practical non parametric statistics. New York, John Wiley, 1971. 462p.
- GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo. *Bol. Téc. Inst. Agron.*, 100:133-136, 1996.
- HARTZ, T.K.; MIYAO, E.M. & VALENCIA, J.G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. *Hortscience*, 33:830-832, 1998.
- JONES, W.W. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, 12:785-794, 1981.
- KHIARI, L.; PARENT, L.E. & TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agron. J.*, 93:809-814, 2001.
- KURIHARA, C.H. Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 101p. (Tese de Doutorado)
- MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C. & OLIVEIRA, M. Nível crítico pelo critério da distribuição normal reduzida: Uma nova proposta para interpretação de análise foliar. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, 5:235-238, 2001.
- MALAVOLTA, E. & VIOLANTE NETTO, A. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 153p.
- MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C. & NICK, J.A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:185-192, 2002.
- MOURÃO FILHO, F.A.A. DRIS and sufficient range approaches in nutritional diagnosis of "valencia" sweet orange on three rootstocks. *J. Plant Nutr.*, 28:691-705, 2005.
- NICK, J.A. DRIS para cafeeiros podados. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade São Paulo, 1998. 86p. (Tese de Mestrado)
- PARENT, L.E. & DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 117:239-242, 1992.
- RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285p.
- RODRÍGUEZ, O.; ROJAS, E. & SUMNER, M. Valencia orange DRIS norms for Venezuela. *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, 28:1461-1468, 1997.
- SALVO, J.G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional de plantas cítricas afetadas pela clorose variegada dos citros. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 108p (Tese de Mestrado)
- SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.A. & CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos ChM, CND e DRIS. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:97-104, 2010a.
- SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.A. & CAMACHO, M.A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:105-113, 2010b.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:755-761, 2005.

- SILVA, M.A.C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E.B. & PAVINATO, A. Estabelecimento e validação de normar DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. *Acta Sci. Agron.*, 31:93-99, 2009.
- TEIXEIRA, L.A.J.; SANTOS, W.R. & BATAGLIA, O.C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. *R. Bras. Frutic.*, 24:530-535, 2002.
- TEIXEIRA, L.A.J.; ZAMBROSI, F.C.B. & BETTIOL NETO, J.E. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo cavendish no Estado de São Paulo: Normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. *R. Bras. Frutic.*, 29:613-620, 2007.
- URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. & MARCHETTI, M.E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:63-72, 2007.
- WADT, P.G.S. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 108p (Tese de Doutorado)
- 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 eucalipto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:773-778, 1998.
- WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E.; ISAAC, R.A. & PLANK, C.O. Preliminary DRIS norms for alfafa in the Southeastern United State and a comparison with the Midwest norms. *Agron. J.*, 78:1046-1052, 1986.