

## Diagnose Foliar da Cultura da Manga

*Davi José Silva<sup>1</sup>*

*Paulo Guilherme Salvador Wadt<sup>2</sup>*

*Maria Aparecida do Carmo Mouco<sup>3</sup>*

### 12.1 Introdução

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das principais frutas tropicais produzidas no Brasil, com uma área de produção estimada em 74 mil hectares e uma produção superior a 1,1 milhão de toneladas em 2009. As regiões Sudeste e Nordeste representam 28,6 e 68,6 % da área cultivada com manga no Brasil, sendo também as mais importantes do ponto de vista de produção e de exportação. A exportação dessa fruta em 2010 foi da ordem de 124,7 mil toneladas, movimentando a balança comercial brasileira em US\$ 119,9 milhões de dólares, sendo que a região do Vale do São Francisco foi responsável por 80% deste montante (AGRIANUAL, 2011; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2011).

A análise de solo tem sido utilizada como técnica essencial ao monitoramento nutricional de pomares; entretanto, apresenta aplicabilidade limitada em frutíferas quando utilizada como única ferramenta para a recomendação de fertilizantes.

A análise foliar complementa a avaliação nutricional da mangueira, uma vez que mesmo a disponibilidade de nutrientes no solo em quantidades adequadas não garante que os mesmos sejam absorvidos. Assim, a diagnose foliar torna-se uma alternativa segura para avaliar o estado nutricional da

---

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, CP 23, CEP 56302-970, Petrolina-PE, davi@cpatsa.embrapa.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Acre, Rod. BR 364, km 14, CP 321, CEP 69908-970, Rio Branco-AC, Bolsista PQ do CNPq, paulo@cpafac.embrapa.br

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, Doutora, Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, CP 23, CEP 56302-970, Petrolina-PE, maria@cpatsa.embrapa.br

mangueira, sendo também útil em programas de fertilização.

Em síntese, a diagnose do estado nutricional de mangueiras por meio da análise foliar envolve seis passos básicos, comuns à maioria das espécies vegetais (PARENT, 2011): (1) existência de um método exequível e padronizado para a amostragem das árvores e das folhas; (2) uma rotina analítica para a quantificação dos nutrientes na amostra foliar; (3) disponibilidade de padrões nutricionais para o diagnóstico nutricional; (4) processo confiável para a interpretação dos resultados analíticos; (5) recomendação de nutrientes capaz de corrigir deficiências ou excesso, e (6) práticas de aplicação de nutrientes facilmente compreendidas pelos agricultores

Cada uma destas etapas influenciam no processo de diagnose do estado nutricional. Neste sentido, a seguir, serão abordados os principais aspectos relacionados à amostragem de folhas, ao processo de análise química e à interpretação dos resultados de análise foliar para a mangueira.

## **12.2 Amostragem**

A coleta de amostras no campo é uma etapa crítica no processo de diagnose foliar e deve ser realizada por meio de um processo padronizado de amostragem.

Essa amostragem deve seguir critérios preestabelecidos para garantir a reprodutibilidade e representatividade dos resultados.

Dada a dinâmica dos estados fenológicos da mangueira, caso ocorra qualquer problema no processo de amostragem ou com as amostras já coletadas, torna-se impossível repetir a amostragem de uma determinada área ou pomar no mesmo estágio de desenvolvimento e de manejo do pomar no mesmo ciclo de produção, exigindo que esta etapa seja realizada com o máximo cuidado.

Desde o início dos anos de 1970, foram feitos esforços para estabelecer padrões de amostragem de folhas de mangueira, sendo que neste processo foram padronizados vários fatores que afetam a concentração dos nutrientes nas folhas, como a idade da folha, a posição da folha no ramo, a situação dos ramos quanto à presença de frutos (ramos com ou sem frutos), a posição da amostragem na planta (altura na planta),

a direção da amostragem e o tamanho da amostra. A amostragem também deve observar aspectos quanto à homogeneidade do pomar, principalmente quanto a variedade e porta-enxerto e ao tipo de solo.

a) Idade das folhas

As concentrações dos nutrientes nas folhas da mangueira normalmente sofrem alterações com a idade dos tecidos. Para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Keitt, os autores Young e Koo (1971) encontraram uma redução das concentrações de N, P e K com a idade, enquanto o Ca aumentou (Tabela 1). Koo e Young (1972) também observaram que os teores de P e K diminuíram e de Ca aumentaram com o avanço da idade da folha nas cultivares Irwin, Tommy Atkins, Kent, Parvin e Keitt.

Em mangueiras da cultivar Chausa, os teores de N, P, K diminuíram com a idade da folha até os 9-10 meses, enquanto os teores de Ca, Mg, S aumentaram com a idade da folha (Tabela 2) (CHADHA et al., 1980). Resultados semelhantes foram obtidos por Thakur et al. (1981), que observaram que as concentrações de P e K diminuíram, enquanto Ca, S, Cu e Mn aumentaram com o avanço da idade da folha.

Nutrientes de grande mobilidade no floema como, N, P e K geralmente apresentam tendência de decréscimos com a idade das folhas; caso inverso ocorre com os nutrientes com pouca mobilidade no floema, como Ca, S e B. Estes resultados, portanto, indicam que a concentração de nutrientes na folha está relacionada com a mobilidade do nutriente na planta, principalmente no floema.

**Tabela 1-** Efeito de cultivar, tipo de solo e idade da folha na composição mineral de folhas de mangueira (YOUNG; KOO, 1971)

Identificação	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				
Idade da folha										
2-3 meses	13,8b	1,33b	11,7b	19,9a	2,20a	21a	21a	45 a	73a	56a
10-11 meses	12,0a	0,91a	8,2a	34,4b	2,11a	34b	47c	79 b	141b	117b
15-16 meses	11,9a	0,89a	8,3a	35,1b	2,22a	25a	34b	78b	183c	115b
Cultivar										
‘Tommy Atkins’	12,2a	1,02a	9,3a	27,0a	2,10a	26a	29a	62a	119a	100a
‘Kent’	13,4b	1,09	9,3a	33,6ab	2,15a	28a	33a	75a	126a	89a
‘Keitt’	12,1a	1,02a	9,7a	28,7a	2,27a	27a	39ab	65a	154b	98a
Tipo de solo										
Arenoso	10,4a	1,07b	8,5a	21,8a	3,46b	12a	43b	51a	77a	79a
Turfa	14,3bc	1,07b	9,2a	27,4b	1,71a	17a	28a	59a	80a	84a
Calcário-A	12,4 b	1,12b	9,7ab	36,4c	1,71a	24b	35ab	38a	92a	101a
Calcário-B	13,2 b	0,91a	10,3b	33,5c	1,82a	54c	28a	120b	182b	119ab

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Além da idade, a concentração de nutrientes das folhas de mangueira reflete a adubação como variações temporárias ou concentrações mais estáveis, situação observada em mangueiras cultivadas no Submédio São Francisco, em que os nutrientes N, P e K foram aplicados via fertirrigação durante o ciclo de produção (SILVA et al., 1998) (Tabela 3). Os elementos Ca, B, Cu e Zn mostram claramente o efeito de baixa mobilidade no floema, com aumentos de concentração em função da idade das folhas. Embora Mn e Na não tenham sido fornecidos pela adubação, sua disponibilidade foi favorecida pelas condições químicas do solo, que promove maior acúmulo desses elementos com o aumento da idade da folha.

**Tabela 2-** Efeito da idade da folha na concentração média de macronutrientes e micronutrientes em folhas de mangueira 'Chausa' (CHADHA et al., 1980)

Idade folha	Macronutrientes					Micronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Mn	Fe
Meses	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				
1	12,8	1,52	10,7	9,1	2,0	0,88	20	12	27	105
2	11,8	1,18	9,8	10,8	2,9	0,81	28	11	32	153
3	11,9	9,80	8,1	12,2	3,2	1,05	28	11	46	171
4	11,7	0,90	7,7	13,1	3,4	0,88	14	8	46	129
5	12,0	0,84	8,1	14,0	3,2	1,14	15	12	54	193
6	11,7	0,73	7,0	15,9	3,5	1,13	13	11	63	156
7	11,7	0,73	6,4	16,7	3,3	1,14	13	10	63	154
8	11,7	0,73	5,8	17,2	3,3	1,15	12	12	78	169
9	11,6	0,66	5,7	18,8	3,1	1,13	17	21	100	143
10	12,8	0,73	4,8	19,1	3,4	1,19	22	22	87	108
11	12,9	0,70	5,4	20,7	3,3	1,39	15	14	112	145
12	13,0	0,77	4,2	21,2	3,7	1,32	50	17	100	182

A época indicada para a amostragem de folhas deve coincidir com aquela em que a concentração de nutrientes na folha apresenta maior estabilidade. Os resultados obtidos por Young e Koo (1971) indicam para a mangueira que as folhas devem ser coletadas quando estiverem com 5 a 7 meses de idade. Chadha et al. (1980) e Thakur et al. (1981) sugerem um período mais estreito para a idade das folhas, correspondendo às folhas que tenham de 6 a 7 meses de idade. Ainda, Smith (1992) indica que a amostragem deve ser realizada em novembro, com folhas de 7 meses de idade, por proporcionar a melhor relação entre N e K e a melhor correlação com a produção.

**Tabela 3.** Concentração de nutrientes obtida em folhas de mangueira ‘Tommy Atkins’ coletadas mensalmente durante um ciclo de produção (a partir da pós-colheita) (SILVA et al., 1998).

Idade da folha	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Mês	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>					
Janeiro	20,2	1,43	10,7	12,7	2,5	30	16	72	272	22	20
Fevereiro	18,3	1,10	8,2	15,1	3,0	25	25	88	363	33	14
Março	21,0	1,50	9,6	17,3	3,0	39	18	119	472	30	53
Abril	17,9	1,50	10,6	15,9	2,9	33	27	72	572	30	32
Mai	16,9	1,10	6,7	12,6	3,3	65	28	106	498	27	53
Junho	18,6	1,10	9,6	16,3	2,9	41	19	81	598	18	108
Julho	16,9	0,90	8,7	18,2	3,2	89	23	116	689	22	155
Agosto	11,9	1,10	7,0	15,5	3,2	31	171	37	723	85	128
Setembro	16,5	1,10	6,0	17,0	3,0	57	266	78	729	105	165
Outubro	15,1	1,20	7,2	21,3	3,4	38	181	85	786	187	153
Novembro	14,3	1,00	8,4	21,7	3,0	62	163	103	891	126	241

No período compreendido entre um e dois meses antes do florescimento, as folhas de mangueira estão em plena atividade fisiológica, estando completamente expandidas, e sua concentração de nutrientes está próxima do máximo. Esta fase tem sido aquela recomendada para a amostragem, devido à maior estabilidade da concentração de nutrientes nas folhas (CATCHPOOLE; BALLY, 1995; OOSTHUYSE, 2000).

Nas regiões em que é realizado o manejo de copa com a utilização de retardantes vegetais, como no Submédio São Francisco, logo após o período de dormência induzida, inicia-se a pulverização com diversos produtos, principalmente nitratos, para a quebra de dormência das gemas. Assim, a recomendação para amostragem de folhas de mangueira no período de florescimento, amplamente recomendada (KOO; YOUNG, 1972; AVILAN; CARMELO, 1990), apresenta restrições. Nesta época, as folhas podem não estar adequadas para análise, devido à contaminação generalizada causada pelos produtos utilizados na quebra de dormência das gemas.

Em cultivos irrigados, um dos períodos mais estáveis no ciclo feno-

lógico da mangueira com relação à concentração de nutrientes é a fase de repouso, que ocorre aproximadamente duas semanas antes da emergência das panículas. A prática de suspender a irrigação antes da floração torna este período o mais inativo do ano e ideal para se fazer a amostragem de folhas (BALLY, 2009).

b) Posição da folha no ramo

As folhas localizadas ao longo de um ramo em crescimento são progressivamente mais jovens da base para a ponta do ramo. Contudo, a diferença de idade das folhas de um fluxo de crescimento é relativamente pequena. O número de folhas de um fluxo varia, mas consiste em média de 10 a 12 folhas. Por efeito da idade e também de redistribuição dos nutrientes, as folhas da mangueira podem ter composição química variável conforme a posição delas no ramo.

Koo e Young (1972) obtiveram aumento nos teores de N e Ca e diminuição nos de P e K em folhas coletadas da base para a posição apical (Tabela 4).

**Tabela 4.** Efeito da posição no ramo sobre a composição mineral de folhas de mangueira<sup>1,2</sup> (KOO; YOUNG, 1972)

Posição no ramo	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg <sup>-1</sup> -----				
Base	11,7 b	1,17 a	8,8 a	18,2 b	3,52 a
3ª folha	12,1 ab	1,15 a	8,5 a	18,9 b	3,63 a
6ª folha	12,3 ab	1,15 a	7,8 ab	19,2 b	3,54 a
Ápice	13,0 a	1,07 b	7,3 b	20,7 a	3,62 a

<sup>1</sup> Valores médios obtidos em cinco cultivares (Irwin, Tommy Atkins, Kent, Parvin e Keitt); <sup>2</sup>. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade

Chadha et al. (1980) observaram que os teores de Ca e Mg aumentaram das folhas basais para as folhas apicais, enquanto o K apresentou comportamento inverso. De maneira geral, as maiores quantidades de nutrientes foram encontradas nas folhas basais ou nas apicais. Assim, os autores de ambos os trabalhos sugerem que a coleta de folhas deve ser realizada no meio do ramo.

c) Ramos com ou sem frutos

A proximidade de um fruto pode afetar a concentração de nutrientes da folha. Isto normalmente ocorre em plantas frutíferas pelo efeito de dreno causado pelo fruto. Partindo desse pressuposto, as folhas de ramos com frutos geralmente apresentam concentração de nutrientes mais baixa que as folhas de ramos sem frutos. No caso da mangueira, as diferenças encontradas entre ramos com e sem frutos foram pequenas e pouco consistentes (KOO; YOUNG, 1972). Com exceção do K, as diferenças não foram significativas (Tabela 5). Devido a esta pequena diferença, os autores sugerem que a amostragem de folhas seja realizada no florescimento ou na frutificação.

**Tabela 5.** Efeito da presença de frutos no ramo sobre a composição mineral de folhas de mangueira<sup>1,2</sup> (KOO; YOUNG, 1972)

Presença de frutos	N	P	g kg <sup>-1</sup>		
			K	Ca	Mg
Ramos com frutos	9,8 a	0,91 a	6,9 b	24,2 a	3,38 a
Ramos sem frutos	11,0 a	0,85 a	7,6 a	24,3 a	3,60 a

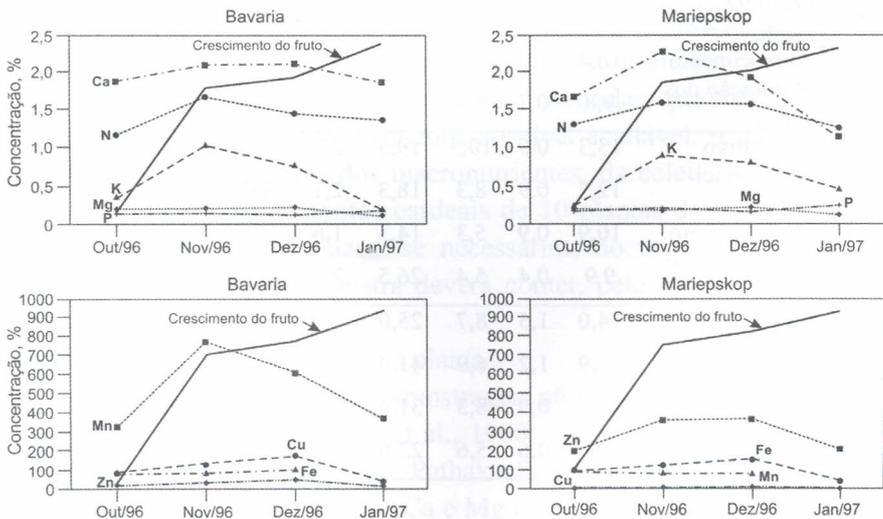
<sup>1</sup> Valores médios obtidos em cinco cultivares (Irwin, Tommy Atkins, Kent, Parvin e Keitt); <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade

Por outro lado, Bopaiah et al. (1989) encontraram concentrações mais elevadas dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu e Fe em ramos sem frutos comparados aos ramos com frutos, tendência observada em todos os anos do estudo, confirmando o efeito de dreno de nutrientes pelos frutos (Tabela 6). Oosthuysen (2000) ratifica que a concentração dos nutrientes N, K, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de ramos com inflorescências, geralmente, aumenta durante a fase inicial de crescimento do fruto e decresce com o desenvolvimento e o amadurecimento do fruto (Figura 1).

**Tabela 6.** Variação da concentração de nutrientes foliares em função da presença de frutos nos ramos, em cinco anos de produção de mangueira (BOPAIAH et al., 1989)

Ano	Ramo	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				Rendimento NFP
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	Fe		
1979	CF	12,0	1,14	4,48	26,3	4,0	68	87	27	212	208	
	SF	12,6	1,23	5,39	27,7	4,7	87	88	30	234		
1980	CF	10,4	0,97	3,92	24,7	4,3	38	74	19	190	285	
	SF	10,8	1,14	4,47	27,1	4,7	40	82	21	218		
1981	CF	10,7	1,37	5,82	30,3	2,8	28	58	14	210	239	
	SF	12,5	1,49	6,32	32,2	2,8	30	63	16	218		
1982	CF	13,8	1,31	5,44	26,4	3,2	30	68	14	195	88	
	SF	14,0	1,43	6,07	26,5	3,7	32	72	15	215		
1983	CF	11,5	1,87	5,44	25,7	2,8	33	69	14	212	243	
	SF	11,7	2,02	5,71	27,1	3,4	34	74	15	230		

CF= ramos com frutos; SF= ramos sem frutos; NFP= número de frutos por planta



**Figura 1-** Variação da concentração de macro e micronutrientes em folhas de ramos apicais com frutos da variedade Tommy Atkins, coletados em quatro épocas diferentes, em duas fazendas da África do Sul (OOSTHUYSE, 2000).

O transporte de nutrientes das folhas para os frutos também foi diagnosticado por Medeiros et al. (2004). Estes autores observaram que as concentrações de N e K são mais altas no estágio vegetativo, diminuindo com a evolução dos estádios fenológicos da planta. Entre o florescimento e a frutificação, o teor de potássio diminui acentuadamente, devido à translocação do nutriente para os frutos. Os teores de P nas folhas também foram menores no estágio de frutificação, pois este nutriente também é translocado das folhas para os frutos durante seu desenvolvimento e maturação (Tabela 7).

**Tabela 7-** Composição mineral de folhas de mangueiras ‘Tommy Atkins’ coletadas em quatro estádios fenológicos, em três pomares do Estado do Rio Grande do Norte (MEDEIROS et al., 2004)

Po-mar	Estádio Fenológico	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	
		g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				
I	Vegetativo	12,0	0,8	11,3	11,5	2,7	91	-	15	16	
	Pré-florescimento	11,5	0,9	10,2	9,4	2,3	136	252	69	68	
	Florescimento	10,4	1,3	10,2	9,8	2,4	158	231	31	60	
	Maturação dos frutos	9,8	0,7	5,3	15,4	3,0	273	198	65	28	
II	Vegetativo	13,3	0,9	10,3	19,3	2,7	143	-	18	21	
	Pré-florescimento	12,7	0,9	8,3	18,3	2,1	352	279	888	18	
	Florescimento	10,9	0,9	5,3	14,3	1,6	224	214	370	70	
	Maturação dos frutos	9,9	0,4	5,4	26,5	2,6	469	261	520	38	
III	Vegetativo	14,0	1,5	8,7	25,0	3,1	74	126	161	23	
	Pré-florescimento	12,9	1,2	6,9	41,4	4,0	78	114	189	96	
	Florescimento	10,6	0,9	8,3	31,6	2,9	24	190	173	40	
	Maturação dos frutos	9,5	0,6	5,6	22,6	2,5	70	90	370	80	

#### d) Direção da amostragem

A exposição das folhas à luz solar afeta processos fisiológicos, como fotossíntese e respiração; portanto, diferenças na translocação de nutrientes e fotoassimilados, e na taxa de produção de matéria seca da folha, podem estar relacionadas com a direção de amostragem das folhas.

Chadha et al. (1980) observaram que os nutrientes P, K, Ca, Mn e Fe foram significativamente afetados pela direção de amostragem. Os maiores valores para os dois primeiros foram obtidos na face oeste, enquanto nos demais estes valores foram obtidos nas faces norte e leste. Assim, a amostragem deve ser realizada em todas as direções para evitar erros devido à exposição à luz solar.

e) Tamanho da amostra

Existem poucos estudos e muitas divergências entre os resultados quanto ao número de folhas consideradas adequadas para compor a amostra de folhas de mangueira destinadas à análise química.

Kumar e Nauriyal (1979) avaliaram as concentrações de N, P e K da cultivar Dusheri em amostras formadas por 10; 20; 30; 40 e 50 folhas completamente expandidas de ramos sem flores, coletadas ao acaso ao redor da árvore, concluindo que o tamanho ideal da amostra deve ser de 20 a 30 folhas.

Estudos sobre o tamanho da amostra devem ser subsidiados em experimentação e critérios estatísticos para uma determinação segura do tamanho da amostra. Assim, admitindo-se um erro aceitável de 5 a 10%, a indicação do número de plantas a serem amostradas, que seja suficiente para reduzir a variação dos resultados ao nível aceitável, resultará, para as determinações químicas dos macronutrientes, da coleta de uma folha em cada um dos quatro pontos cardeais de 10 plantas de mangueira. Já para os micronutrientes, fazem-se necessárias, no mínimo, 20 plantas e, se considerar o Fe, a amostra deverá conter, pelo menos, 30 plantas (ROZANE et al., 2007).

f) Altura de amostragem na planta

Os estudos sobre altura de amostragem não apontam uma altura ideal para a amostragem (CHADHA et al., 1980; THAKUR et al., 1981). No entanto, Pathak e Pandey (1976) e Pathak e Pandey (1978) observaram que a concentração dos nutrientes N, Ca e Mg nas folhas aumentou, enquanto de P e K diminuiu, com o avanço da idade da folha, da base para o topo da parte aérea. De maneira geral, as folhas localizadas na altura intermediária entre a base e o topo apresentaram valores médios com relação a todos os aspectos avaliados, sendo esta a altura recomendada para a amostragem e a determinação do estado nutricional da árvore.

#### g) Variedade e porta-enxerto

Young e Koo (1971) avaliaram o efeito de variedade, tipo de solo e da idade da folha, observando que as concentrações de N e Ca foram maiores nas folhas da cultivar Kent que nas das cultivares Tommy Atkins ou Keitt. Já as folhas da cultivar Keitt contêm mais Mn e Cu que as outras duas variedades. Contudo, as maiores diferenças foram relacionadas ao tipo de solo (Tabela 1). Em estudos realizados anteriormente, Young e Koo (1969) também observaram que as variações nas concentrações de nutrientes devidas às diferenças entre os solos estudados foram maiores que entre as variedades.

As características do porta-enxerto, por sua vez, interferem no crescimento, produção e na qualidade dos frutos da mangueira, pois a composição nutricional da planta enxertada é afetada pela capacidade de absorção de nutrientes do porta-enxerto. Kohli e Reddy (1989) e Thakur et al. (1989) encontraram diferenças entre vários porta-enxertos, mono e poliembriônicos na composição mineral das folhas das cultivares enxertadas (ALPHONSO; DASHEHARI). Os porta-enxertos exercem um papel importante no transporte e acúmulo de nutrientes. Por este motivo, no processo de amostragem, devem-se tomar pomares homogêneos quanto à variedade e ao porta-enxerto para cada amostra composta.

#### h) Tipos de solo

A concentração de nutrientes nas folhas da mangueira sofre uma variação significativa nos diferentes tipos de solo. Alguns nutrientes, como o cálcio, apresentam concentrações muito mais elevadas em solos de origem calcária (YOUNG; KOO, 1971; LABOREM et al., 1979). A disponibilidade dos nutrientes está relacionada com as características do solo, mas a concentração de nutrientes nas folhas pode ser influenciada pelas práticas culturais, como adubação e pulverização. Young e Koo (1971) mostraram que o solo foi a variável que proporcionou maior variação na concentração de nutrientes nas folhas da mangueira (Tabela 1).

Assim, à semelhança da homogeneização quanto à variedade e ao porta-enxerto, se houver variações entre unidades de solo, estas devem ser representadas por amostras compostas distintas.

### 12.2.1 Padronização dos critérios de amostragem

Considerando os resultados de pesquisa, foram selecionados aqueles consensuais, que proporcionam uma diagnose foliar prática e segura, permitindo ainda que os resultados obtidos sejam comparados.

- a) Agrupar plantas da mesma idade, mesma variedade e produtividade semelhantes, que estejam em áreas com o mesmo tipo de solo, limitadas a 10 ha. Manter o mesmo agrupamento de solo usado para a análise de solo.
- b) Selecionar ramos recém-maduros, entre 4 e 7 meses de idade. Coletar as folhas na parte mediana do ramo, nos quatro pontos cardeais, na altura média da planta. Retirar quatro folhas por planta, em 20 a 30 plantas selecionadas ao acaso.
- c) Realizar a coleta no período de florescimento ou, preferencialmente, antes deste, principalmente quando houver suspensão da irrigação e utilização de retardantes vegetais, visando a evitar a contaminação causada pelos produtos usados na quebra de dormência das gemas. Este período está compreendido entre um e dois meses antes do florescimento.
- d) Não amostrar plantas que tenham sido adubadas ou pulverizadas recentemente, nem após períodos intensos de chuvas. Resíduos de pulverizações com fertilizantes foliares e fungicidas causam contaminações com micronutrientes que ficam na superfície da folha e não estão disponíveis para a planta. Algumas publicações recomendam a lavagem das folhas com água destilada, ácido clorídrico ou detergente (KOO; YOUNG, 1972; THAKUR et al., 1981; SHU et al., 1992), mas a eficiência deste processo não é garantida.
- e) Após a coleta, as amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel, identificando-as e enviando-as, imediatamente, para um laboratório. Se isto não for possível, armazená-las em ambiente refrigerado por até três dias.

### 12.3 Análise foliar

O segundo passo importante no processo de diagnose do estado nutricional é a rotina analítica para a quantificação dos nutrientes na amostra foliar. Para a determinação da concentração dos elementos químicos, são

utilizados diferentes métodos analíticos. Muitos são os fatores envolvidos na escolha dos métodos, entre os quais podemos destacar: fatores de segurança (periculosidade, toxidez), disponibilidade do equipamento, elemento a ser determinado, precisão e exatidão, tempo para a obtenção dos resultados, limite de detecção e determinação e custo (NOGUEIRA et al., 2005).

São descritos a seguir os principais procedimentos, métodos e equipamentos utilizados no Brasil na análise de tecidos vegetais.

### 12.3.1. Decomposição e solubilização

Para a determinação dos teores de elementos químicos em amostras de tecido vegetal, é necessária a transformação da matriz orgânica original em uma forma inorgânica simples. Normalmente, a decomposição do material orgânico é realizada com agentes oxidantes e/ou altas temperaturas. Os dois métodos principais de dissolução dos tecidos vegetais são por via seca (mediante alta temperatura de combustão) e via úmida (digestão em meio ácido).

#### a) Decomposição por via seca

A digestão seca é um dos métodos mais antigos e simples que existe. A fração orgânica da amostra é queimada, gerando um resíduo mineral na forma de cinzas. Esta pode ser solubilizada em solução de ácido ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ) ou de álcali ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NaOH}$ ). Por esse método podem ser determinados K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, B, Mo e Al. Esse método tem a vantagem de não requerer a utilização de ácidos oxidantes concentrados, além de permitir a utilização de grandes massas de amostras, o que permite a determinação de elementos em baixas concentrações. Contudo, podem ocorrer perdas por volatilização de alguns elementos (Co, Pb, Se, As, etc.), a velocidade analítica é baixa e o consumo de energia é elevado. Além disso, o esmalte dos cadinhos de porcelana, comumente usados, pode reagir com silicatos, fosfatos e óxidos presentes nas amostras (NOGUEIRA et al., 2005).

#### b) Digestão por via úmida

A digestão úmida é o método mais utilizado para decomposição de material vegetal. A matéria orgânica do tecido vegetal é oxidada com ácidos minerais concentrados e a quente. Os ácidos ou as misturas mais utilizadas são:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ ,  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ .

Esse método é recomendado para a determinação dos elementos K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Al, Na, Cr, Ni, V, Pb, Cd, Co e Mo, além de outros elementos como os não metais N, P e S (NOGUEIRA et al., 2005).

A digestão úmida pode ser realizada em sistema aberto, utilizando blocos digestores, assim como em sistema fechado, em fornos de micro-ondas específicos para utilização em laboratórios. A digestão no sistema aberto apresenta como vantagem a decomposição quase que total do material vegetal; contudo, quando se utiliza a mistura com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), a decomposição pode ser limitada. As demais limitações referem-se à necessidade de utilização de capelas especiais, devido à emissão de vapores tóxicos, perigo de explosão quando é empregado ácido perclórico ( $HClO_4$ ) e dificuldades de aquisição, pois a comercialização dos ácidos concentrados tem sido controlada pelo Exército, Polícia Civil e Polícia Federal. A decomposição assistida por radiação de micro-ondas apresenta como vantagens a rapidez e a precisão do processo, menor consumo de reagentes, menor contaminação e não há perdas de analitos por volatilização. As principais desvantagens são risco de explosões, número reduzido de amostras por análise, custo elevado do equipamento e de acessórios, efeitos de memória dos frascos em consequência de sua porosidade (NOGUEIRA et al., 2005).

Considerando a importância do potássio para a nutrição mineral da mangueira, produção e qualidade dos frutos, Gonzáles-Acunã et al. (2009) avaliaram métodos de extração de potássio em folhas de mangueira cv. Ataulfo. Foram avaliados quatro métodos: (1) água destilada; (2) digestão úmida com a mistura dos ácidos nítrico e perclórico ( $HNO_3 + HClO_4$ ); (3) solução de acetato de amônio ( $CH_3COONH_4$ ) a pH 7, na concentração de  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ , e (4) solução de cloreto de bário ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) na concentração de  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . Os dois primeiros protocolos são os mais usados na análise foliar; o protocolo (3) é um método-padrão usado em análise de solo, e o protocolo (4) é usado para avaliação na capacidade de troca catiônica. A digestão úmida extraiu 0,9045 %; a água destilada 0,9707 %; o acetato de amônio 1,0273 %; e o cloreto de bário 1,2267 %. Os protocolos (1) e (2) podem ter subestimado a concentração de potássio nas folhas da mangueira. A alta atividade do método do cloreto de bário  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  permite a troca de potássio fixado nos tecidos das plantas e assim elevar os níveis de extração.

## 12.3.2. Determinações analíticas

### 12.3.2.1. Nitrogênio

#### a) Digestão semimicro Kjeldahl

Este método baseia-se na decomposição por via úmida, seguida por destilação a vapor e titulação para a quantificação do nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ). Os equipamentos necessários para esta análise são um conjunto de destilador semimicro Kjeldahl e um titulador automático. Este método apresenta baixo custo, sendo aplicável a diversos tipos de matrizes (NOGUEIRA et al., 2005).

#### b) Espectrometria com reagente de Nessler

Fundamenta-se na reação da amônia livre com solução alcalina de iodeto de mercúrio em iodeto de potássio. Essa reação produz um composto castanho-alaranjado, cuja intensidade é proporcional à concentração de nitrogênio presente na solução. O equipamento necessário é um espectrofotômetro UV-VIS. Este método é rápido e preciso, sendo adequado para grande número de amostras (NOGUEIRA et al., 2005).

#### c) Espectrometria do azul de indofenol

O amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) presente na solução, em meio alcalino, reage com  $\text{NaOCl}$  e  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ , formando o azul de indofenol, cuja coloração é proporcional à concentração de nitrogênio presente na amostra. O equipamento necessário é um espectrofotômetro UV-VIS. Embora seja um método altamente seletivo, utiliza fenol e nitroprussiato, compostos que são altamente tóxicos (NOGUEIRA et al., 2005).

#### d) Espectrometria do azul de salicílico

A reação do  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NaOCl}$  e ácido salicílico em meio alcalino é idêntica à do azul de indofenol, com a vantagem de não ser tóxico e cancerígeno (MIYAZAWA et al., 2009).

#### e) Análise em fluxo contínuo (FIA)

O volume selecionado da amostra é injetado no sistema transportador (FIA - flow injection analysis), e ao confluenciar com a solução de  $\text{NaOH}$ , o  $\text{NH}_4^+$  se desprende do meio como amônia ( $\text{NH}_3$ ). Esta amônia é determinada por condutivimetria. A condutividade elétrica da solução é proporcional à concentração de N. Por ser automatizado, este método

apresenta alta velocidade analítica (MIYAZAWA et al., 2009).

### 12.3.2.2. Fósforo

#### a) Espectrofotometria do azul de molibdênio

Neste processo, o íon  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  reage com molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) em meio ácido, formando um complexo de coloração azul, cuja intensidade é proporcional à concentração de P, apresentando absorção máxima em 660 nm.

#### b) Espectrofotometria do amarelo de vanadato

Neste método, a reação ocorre com os íons molibdato e vanadato ( $\text{VO}_3^{2-}$ ), e a complexação desenvolve uma coloração amarela que absorve luz na região de 420 nm. Embora apresente menor sensibilidade que o primeiro, este método proporciona maior estabilidade do complexo formado (até 24 h), apresenta alta velocidade analítica e não sofre a interferência de outros íons (NOGUEIRA et al., 2005).

### 12.3.2.3. Enxofre por turbidimetria

Esta determinação baseia-se na quantificação da turbidez provocada pela precipitação do íon enxofre pelo cloreto de bário, na forma de sulfato de bário ( $\text{BaSO}_4$ ). O equipamento necessário é um turbidímetro ou espectrofotômetro UV-VIS. Esta análise apresenta baixo custo, mas sua sensibilidade é limitada (NOGUEIRA et al., 2005).

### 12.3.2.4. Boro

#### a) Espectrofotometria com azometina-H

Baseia-se na formação de um complexo de coloração amarela, resultante da reação do ácido bórico com o reagente azometina-H, que absorve luz na região de 460 nm. É um método de alta sensibilidade, sendo ainda rápido e preciso (NOGUEIRA et al., 2005; MIYAZAWA et al., 2009).

#### b) Espectrofotometria com curcumina

Baseia-se na reação entre o ânion borato e a curcumina em presença de ácido oxálico, havendo a formação de um composto, constituído predominantemente de rubrocurcumina. Além do espectrofotômetro UV-VIS, este método requer um banho termostático e uma centrífuga, apresentando também alta sensibilidade, rapidez e precisão (NOGUEIRA et al., 2005).

#### **12.3.2.5. Sódio e potássio por espectrometria de emissão atômica**

Quando uma solução é atomizada e as partículas minúsculas são projetadas sobre uma chama, há excitação dos átomos, ou seja, alguns elétrons são deslocados a níveis energéticos mais altos; quando os átomos retornam ao seu nível energético natural, há emissão da energia absorvida na forma de radiação. As energias emitidas por esses elementos são proporcionais às suas concentrações na solução. Os átomos excitados emitem luz em comprimentos de onda específicos (766 a 767 nm para o potássio e 589 a 589,6 para o sódio). O equipamento necessário para análise é um fotômetro de chama. Este método apresenta alta sensibilidade e alta velocidade analítica (NOGUEIRA et al., 2005; MIYAZAWA et al., 2009).

#### **12.3.2.6. Cálcio e magnésio por espectrometria de absorção atômica**

A técnica analítica baseia-se na absorção de radiação das regiões do visível e ultravioleta do espectro eletromagnético por átomos no estado fundamental. Os metais das soluções aspiradas na chama, na faixa de 2.000 a 2.500 °C, transformam-se no estado fundamental dos átomos. O átomo de cada elemento químico absorve a energia em um comprimento de onda específico. A quantidade de energia absorvida é proporcional à concentração do átomo na solução. Esta análise requer um espectrômetro de absorção atômica e lâmpadas de cátodo de Ca e Mg, sendo uma técnica de alta sensibilidade e alta velocidade analítica (NOGUEIRA et al., 2005; MIYAZAWA et al., 2009).

### **12.3.2.7. Cobre, zinco, ferro e manganês**

A determinação destes elementos é realizada por espectrometria de absorção atômica. Além do equipamento são necessárias lâmpadas de catodo oco de Cu, Zn, Fe e Mn. O método apresenta alta sensibilidade, sendo ainda rápido e preciso (NOGUEIRA et al., 2005).

### **12.3.3. Determinação simultânea de multielementos por espectrometria de emissão atômica com indução de plasma (EEA-ICP)**

O processo baseia-se na formação de plasmas devido à emissão de elétrons quando a solução é aspirada na tocha de argônio, entre 9000 e 10000 °K. Durante a perda de energia do estado de plasma para o estado fundamental, cada elemento químico emite luzes de comprimentos de onda definidos. A quantidade de luz é proporcional à concentração desse elemento na solução (MIYAZAWA et al., 2009).

Neste processo, os detectores são fixados em uma raia de comprimentos de onda selecionados para cada elemento. O sinal emitido é captado pelo detector, registrado e transformado para concentração com o auxílio de programas de computador. O espectrômetro de emissão atômica pode determinar, simultaneamente, mais de 40 elementos.

## **12.4 Interpretação dos resultados de análise**

Um dos atuais gargalhos do processo de avaliação do estado nutricional em frutíferas está na disponibilidade de padrões nutricionais para a interpretação dos resultados analíticos e na adoção de um processo confiável para o diagnóstico nutricional.

Existem controvérsias sobre a adequação dos padrões nutricionais adotados e sobre a natureza de muitos métodos adotados para a interpretação dos resultados, seja pela fraqueza de certas prerrogativas adotadas, como, por exemplo, os métodos do nível crítico e do sistema integrado de diagnose e recomendação, seja por sua dependência de

processos computacionais empíricos.

A composição mineral de uma planta é consequência de sua adaptação a um determinado ambiente, sob a ação de um grupo de fatores limitantes. O método da faixa de suficiência ou níveis críticos é comumente utilizado para interpretar o teor de um nutriente na planta, em classes de deficiência, suficiência e consumo de luxo.

A interpretação do teor foliar com base no método do nível crítico é feita diretamente pela comparação do teor indicado na amostra foliar com os valores padrões, sendo o estado nutricional (deficiência, suficiência ou consumo de luxo) definido pelo intervalo de valores que contém o teor encontrado na amostra, sendo cada nutriente avaliado independentemente dos demais.

Enquanto o critério dos níveis críticos se baseia em comparar o teor de determinado nutriente com valores de referência, separando-os em classes de deficientes e suficientes ou suficientes e tóxicos (BELL et al., 1995), o método das faixas de suficiência foi sugerido como alternativa para contornar as limitações de interpretação do método do nível crítico (SUMNER, 1979), com base na premissa de que, para a maioria das culturas, não existe um determinado ponto de ótima produtividade, mas sim uma certa faixa. Assim, é correto recomendar níveis de adubação suficientes para manter as concentrações de nutrientes um pouco acima do nível crítico, em uma faixa de suficiência (BATAGLIA et al., 1992). Ambos os critérios apresentam limitações, tanto pelo caráter pontual do nível crítico, quanto pela falta de exatidão das faixas de suficiência, devido a limites muito amplos.

Os padrões nutricionais para a interpretação pelo nível crítico são estabelecidos a partir da suposição de que os demais nutrientes não são limitantes e que não há interação entre estes nutrientes, principalmente quando os nutrientes estão próximos do seu valor ótimo.

A desconsideração da interação entre os nutrientes consiste em um dos pontos mais criticados deste método, uma vez que a interação entre nutrientes é um fenômeno bem conhecido e documentado (MARSCHNER, 1986; MALAVOLTA, 2006). Em mangueiras, por exemplo, tem sido observado que baixas relações N/Ca e K/Ca, tanto na polpa quanto na casca, são eficientes na prevenção de distúrbios fisiológicos nos frutos da

manga 'Tommy Atkins' (ASSIS et al., 2004).

Os padrões para interpretação dos resultados de análise de folhas da mangueira foram estabelecidos com base no nível crítico ou faixas de suficiência.

Young e Koo (1969) estabeleceram as faixas desejáveis de N, P, K, Ca e Mg como tentativa para o estabelecimento de padrões para a interpretação dos resultados de análise foliar, com base em experimentos de adubação realizados em dois solos da Flórida, durante dez anos, com as cultivares Kent, Haden, Parvin e Zill (Tabela 8). As folhas foram coletadas de ramos com e sem frutos nos meses de maio, junho e julho. Cada amostra foi constituída de 60 folhas, coletadas na segunda ou terceira posição a partir da base do ramo, distribuídas a uma altura aproximada de 1,2 a 2,4 m. Estes autores sugeriram que o padrão para Ca em solo ácido fosse de 25 g kg<sup>-1</sup> ou acima deste valor, devido à redução na incidência de "soft-nose" quando o teor foliar de Ca é alto, particularmente quando o N é relativamente alto.

Os limites críticos estabelecidos por Bhargava e Chadha (1988) foram obtidos em mangueiras da cultivar Dashehari, a partir de análises de folhas com cinco a seis meses de idade, coletadas na altura média da planta. Smith (1992) estabeleceu as faixas de suficiência em mangueiras da cultivar Sensation plantadas em duas áreas distintas com relação à idade das plantas, sistema de irrigação e tipo de solo.

Os padrões estabelecidos por Catchpoole e Bally (1995) foram obtidos para a cultivar Kensington em folhas coletadas imediatamente antes do florescimento. Quaggio (1996) reuniu informações da literatura nacional e internacional para o estabelecimento das faixas de suficiência, e os padrões estabelecidos por Robinson et al. (1997) foram obtidos a partir de dados de literatura internacional.

**Tabela 8-** Interpretação de resultados de análise de folhas para a cultura da manga

Nutriente	Nível crítico ou faixa de suficiência					
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
N	10,0-15,0	12,3	14,0-15,0 <sup>3</sup>	8,0-19,0	12,0-14,0	10,0-15,0
			12,0-14,0 <sup>4</sup>			
P	0,8-1,75	0,6	0,9-1,1	1,2-13,0	0,8-1,6	0,8-1,8
K	3,0-8,0	5,4	8,0-10,0	4,0-25,0	5,0-10,0	3,0-12,0
Ca	20,0-35,0 <sup>1</sup>	17,1	20,0-28,0	15,0-28,0	20,0-35,0	20,0-35,0 <sup>1</sup>
	30,0-50,0 <sup>2</sup>					30,0-50,0 <sup>2</sup>
Mg	1,5-4,0	9,1	2,0-3,5	2,0-4,0	2,5-5,0	2,0-4,0
			----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
S	-	1,2	-	1,0-2,3	0,8-1,8	-
B	-	-	30-100	20-140	50-100	50-100
Cu	-	12	10-20	10-150	10- 50	10-20
Fe	-	171	70-100	30-120	50-200	70-200
Mn	-	66	60-200	160-980	50-100	60-500
Zn	-	25	20-100	20-63	20-40	20-150
Fonte	Young e Koo (1969)	Bhargava e Chadha (1988)	Smith (1992)	Catchpoole e Bally (1995)	Quaggio (1996)	Robinson et al. (1997)

<sup>1</sup>. Solos ácidos; <sup>2</sup>. Solos alcalinos; <sup>3</sup>. Plantas maduras; <sup>4</sup>. Plantas jovens

Um aprimoramento do método do nível crítico tem sido o Desvio do Ótimo Percentual (DOP), que consiste em avaliar o teor de cada nutriente em relação ao valor ótimo (mediana da faixa de suficiência), pela expressão:  $DOP = 100 \times V / A$ , em que DOP = desvio do ótimo percentual, adimensional; V = teor considerado ótimo para o nutriente e, em g kg<sup>-1</sup> ou mg kg<sup>-1</sup>, e A = teor do nutriente na amostra, na mesma unidade utilizada para expressar o teor considerado ótimo. Na ausência do valor da faixa de suficiência, o nível crítico pode ser adotado como o valor ótimo.

Este processo, embora não utilizado na literatura para avaliar o estado nutricional das mangueiras, permite ordenar os nutrientes em função

do grau de deficiência; entretanto, por não ser considerada a interação entre os diferentes nutrientes, não representa a ordem de limitação, utilizando-se da mesma tabela para a abordagem convencional (Tabela 8).

Uma alternativa ao método convencional é o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) (BEAULFIS, 1973), o qual considera a interação entre nutrientes no processo diagnóstico conduzido pela combinação de todas as relações entre os nutrientes, na forma de quociente (BEAULFIS, 1973) ou produto (WALWORTH; SUMNER, 1987).

A utilização do DRIS em mangueiras tem sido realizada em duas condições distintas de manejo e patamares tecnológicos: na Índia, o DRIS tem sido aplicado em pesquisas realizadas em pomares comerciais, conduzidos em baixo nível tecnológico e sem a utilização de fertilizações minerais.

Nesta região, os solos apresentam pH neutro ou alcalino, baixo teor de matéria orgânica e boa disponibilidade de macronutrientes, com variável disponibilidade de micronutrientes (HUNDAL et al., 2005), e o DRIS tem-se mostrado superior ao método convencional de diagnose foliar pela sua capacidade em indicar um maior número de nutrientes limitantes que o método convencional, ou de melhor refletir o estado nutricional da mangueira na avaliação de experimentos de adubação de longa duração (BHUPAL; RAO, 2006).

O DRIS apresentou maior consistência nos dois principais nutrientes apontados como aqueles mais limitantes entre dois diagnósticos consecutivos em um intervalo de três meses, como também foi independente da posição da folha amostrada em relação a ramos com ou sem inflorescência (HUNDAL et al., 2005).

O resultado mais relevante, entretanto, trata do ganho de produtividade obtido com a aplicação do nutriente mais limitante (BHUPAL; RAO, 2006); em geral, o incremento médio da produtividade, em árvores jovens, foi maior que 20% com a aplicação do nutriente mais limitante em todas as condições testadas, sendo a resposta média de 45% para Zn e 32% para Ca. Nas árvores adultas, o incremento médio na produtividade da mangueira atingiu 34% para Ca e 33% para N.

No Brasil, as pesquisas têm sido realizadas em sistemas de produção

de mangueiras manejadas sob irrigação no principal polo de produção do País, na região Nordeste, em solos com pH variando de ácido a ligeiramente alcalino e fertilidade do solo variando de muito baixa a adequada. A adubação, normalmente realizada no solo, também é feita pelo sistema de irrigação, permitindo melhor distribuição de seu fornecimento em função do estágio fenológico das plantas. Em outras regiões do País, embora haja também pomares de mangueiras, não há relatos de pesquisas com o sistema DRIS.

No Brasil, a aplicação do DRIS em mangueiras também tem-se baseado em sua comparação com o método convencional, bem como no desenvolvimento de novas fórmulas que permitem a modelagem das funções DRIS (WADT et al., 2007) e a aplicação de critérios específicos para avaliar a utilidade dos diagnósticos nutricionais (WADT; LEMOS, 2010; WADT; SILVA, 2010).

Na interpretação do estado nutricional das mangueiras pelo DRIS, diferentes fórmulas podem ser utilizadas, a maioria apresentando resultados semelhantes (WADT; SILVA, 2010) desde que seja adotado o critério do Potencial de Resposta à Adubação (WADT, 2005) para a interpretação dos índices DRIS.

O critério do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) tem como finalidade estabelecer um critério objetivo para interpretar o valor do índice DRIS em relação ao estado nutricional da planta. Por este critério, os índices DRIS são classificados em cinco categorias, associadas a um determinado estado nutricional:

a) Maior insuficiência: correspondendo à situação em que o nutriente apresenta alta probabilidade de resposta à correção da deficiência (resposta positiva: p). Nesta situação, o nutriente apresenta simultaneamente a condição de ser o nutriente com menor valor para o índice DRIS, e cujo módulo do índice DRIS seja maior que o índice de balanço nutricional médio (IBNm).

b) Insuficiência moderada: correspondendo à situação em que o nutriente apresenta moderada probabilidade de resposta à correção da deficiência (resposta positiva ou nula: pz). Nesta situação, o nutriente deficiente não é o de menor índice DRIS, porém o módulo do índice DRIS deste nutriente é maior que o IBNm.

c) Equilibrado: corresponde à situação em que o nutriente se apresenta nutricionalmente equilibrado (resposta nula: z), não requerendo mudança em sua disponibilidade para a planta avaliada.

d) Excesso moderado: correspondendo à situação em que o nutriente apresenta moderada probabilidade de resposta à correção do excesso (resposta negativa ou nula: nz). Nesta situação, o nutriente em excesso não é o de maior índice DRIS, porém o módulo do índice DRIS deste nutriente é maior que o IBNm.

e) Maior excesso: correspondendo à situação em que o nutriente apresenta alta probabilidade de resposta à correção do excesso (resposta negativa: n). Nesta situação, o nutriente em excesso corresponde simultaneamente àquele com maior índice DRIS e cujo módulo do índice DRIS é maior que o IBNm.

O IBNm é obtido pela soma aritmética, em módulo, dos índices DRIS de cada nutriente avaliado, dividido pelo número de nutrientes avaliado em uma dada planta ou amostra.

A utilização do critério do Potencial de Resposta a Adubação possibilita, ainda, o uso da diagnose foliar em programas de recomendação de adubação.

Por este processo, a quantificação dos nutrientes a serem recomendados é variável em função da produtividade e do estado nutricional determinado pelo DRIS, conjugado com o teor do nutriente na folha, a exemplo do N (Tabela 9), ou da disponibilidade do nutriente no solo, como para P (Tabela 10) ou K (Tabela 11).

**Tabela 9-** Recomendação de nitrogênio para mangueiras em produção, em função da disponibilidade do nutriente no solo, do estado nutricional e da produtividade (Adaptada de SILVA et al., 2004)

Produti- vidade	Estado nutricional <sup>(1)</sup>	Teor de N nas folhas, em g kg <sup>-1</sup>			
		Muito baixa < 12	Baixa 12 - 14	Adequada 14 - 16	Alta > 16
		----- kg N ha <sup>-1</sup> -----			
t ha <sup>-1</sup>					
< 10	n	15	10	5	0
	nz	22	15	8	0
	z	30	20	10	0
	pz	43	25	13	0
	p	45	30	15	0
10 a 15	n	30	20	10	0
	nz	37	25	12	0
	z	45	30	15	0
	pz	53	35	18	0
	p	60	40	20	0
15 a 20	n	45	30	15	0
	nz	52	35	17	0
	z	60	40	20	0
	pz	68	45	23	0
	p	75	50	25	0
20 a 30	n	60	40	20	0
	nz	67	45	22	0
	z	75	50	25	0
	pz	83	55	28	0
	p	90	60	30	0
30 a 40	n	75	50	25	0
	nz	82	55	27	0
	z	90	60	30	0
	pz	98	65	33	0
	p	105	70	35	0
40 a 50	n	90	60	30	0
	nz	97	65	32	0
	z	105	70	35	0
	pz	113	75	38	0
	p	120	80	40	0
> 50	n	105	70	35	0
	nz	112	75	37	0
	z	120	80	40	0
	pz	128	85	43	0
	p	135	90	45	0

<sup>(1)</sup>classes de maior insuficiência (p), moderada insuficiência (pz), equilibrado (z), excesso moderado (nz) e excesso (n).

**Tabela 10-** Recomendação de fósforo para mangueiras em produção, em função da disponibilidade do nutriente no solo, do estado nutricional e da produtividade (Adaptada de SILVA et al., 2004)

Produtividade	Estado nutricional <sup>(1)</sup>	Disponibilidade de P no solo, em mg dm <sup>-3</sup>			
		Muito baixa	Baixa	Adequada	Alta
		< 10	10 a 20	21 a 40	> 40
		----- kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> -----			
t ha <sup>-1</sup>					
< 10	n	10	5	0	0
	nz	15	10	5	0
	z	20	15	10	0
	pz	25	20	10	0
	p	30	20	10	5
10 a 15	n	20	10	5	0
	nz	25	15	10	0
	z	30	20	10	0
	pz	35	25	15	5
	p	45	30	15	10
15 a 20	n	30	20	10	0
	nz	35	25	10	0
	z	45	30	15	0
	pz	55	35	20	5
	p	65	45	20	10
20 a 30	n	45	30	15	0
	nz	55	35	15	0
	z	65	45	20	0
	pz	75	55	25	10
	p	85	60	30	15
30 a 40	n	65	45	20	0
	nz	75	55	25	0
	z	85	60	30	0
	pz	95	65	35	10
	p	110	75	40	20
40 a 50	n	85	60	30	0
	nz	95	65	35	0
	z	110	75	40	0
	pz	130	85	45	15
	p	150	100	50	25
> 50	n	110	75	40	0
	nz	130	85	45	0
	z	150	100	50	0
	pz	165	110	55	15
	p	180	120	60	30

<sup>(1)</sup>classes de maior insuficiência (p), moderada insuficiência (pz), equilibrado (z), excesso moderado (nz) e excesso (n).

**Tabela 11** - Recomendação de potássio para mangueiras em produção, em função da disponibilidade do nutriente no solo, do estado nutricional e da produtividade (Adaptada de SILVA et al., 2004)

Produtividade	Estado nutricional <sup>(1)</sup>	Disponibilidade de K no solo, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
		Muito baixa < 0,16	Baixa 0,16-0,30	Adequada 0,31-0,45	Alta > 0,45
t ha <sup>-1</sup>		----- kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> -----			
< 10	n	15	10	5	0
	nz	20	15	7	0
	z	30	20	10	0
	pz	40	25	13	0
	p	50	30	15	0
10 a 15	n	30	20	10	0
	nz	40	25	12	0
	z	50	30	15	0
	pz	65	35	18	0
	p	80	40	20	0
15 a 20	n	50	30	15	0
	nz	65	35	17	0
	z	80	40	20	0
	pz	100	50	25	0
	p	120	60	30	0
20 a 30	n	80	40	20	0
	nz	100	50	25	0
	z	120	60	30	0
	pz	140	70	38	0
	p	160	80	45	0
30 a 40	n	120	60	30	0
	nz	140	70	37	0
	z	160	80	45	0
	pz	180	100	53	0
	p	200	120	60	0
40 a 50	n	160	80	45	0
	nz	180	100	52	0
	z	200	120	60	0
	pz	225	135	68	0
	p	250	150	75	0
> 50	n	200	120	60	0
	nz	225	135	67	0
	z	250	150	75	0
	pz	275	165	83	0
	p	300	180	90	0

<sup>(1)</sup>classes de maior insuficiência (p), moderada insuficiência (pz), equilibrado (z), excesso moderado (nz) e excesso (n).

Neste procedimento, a diagnose foliar tem como finalidade ajustar a adubação que seria recomendada unicamente com base na fertilidade do solo e na produtividade do pomar, permitindo ganhos crescentes de produtividade, ao corrigir as deficiências, bem como com possibilidade de se manejar a disponibilidade dos demais nutrientes, por meio de práticas que reduzam sua disponibilidade e, assim, proporcione adubações mais equilibradas do ponto de vista das necessidades nutricionais das mangueiras.

Ao serem incorporados critérios objetivos para a recomendação de adubação no método DRIS, o sistema alcança sua meta principal e para o qual foi preconizado originalmente por Beaufils (1973), deixando de ser um método unicamente para o diagnóstico do estado nutricional, mas um instrumento efetivo para a recomendação das práticas de manejo e adubação que proporcionem melhoria na saúde dos pomares e, portanto, de sua capacidade produtiva.

## 12.5. Considerações finais

A análise foliar representa uma ferramenta fundamental para a diagnose nutricional de árvores frutíferas como a mangueira, assim como serve para subsidiar programas de adubação da cultura. Os maiores gargalos da diagnose são os processos de amostragem de folhas e de interpretação dos resultados de análise. Os processos analíticos têm evoluído ao longo do tempo, tornando-se cada vez mais seguros, econômicos, rápidos, exatos e precisos.

As técnicas de amostragem evoluíram nos últimos 50 anos, em função dos trabalhos de pesquisa realizados. A interpretação dos resultados de análise tem sido feita pelos métodos do nível crítico e das faixas de suficiência. Muitas alternativas foram propostas a estes métodos, mas não evoluíram por se limitarem ao diagnóstico, como é o caso do DRIS. O PRA permite um avanço nesse processo, possibilitando a integração dos índices obtidos pelo DRIS com resultados de análise foliar e de solo. Isto representa um avanço, uma vez que consiste numa ferramenta altamente técnica e prática de utilização desses nos métodos de diagnose, que, juntos, contribuem para melhorar o manejo nutricional da mangueira.

## 12.6. Literatura citada

- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2011. p.380-386.
- ANUÁRIO Brasileiro da Fruticultura. Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta Santa Cruz. 2011. 136 p.
- ASSIS, J. S.; SILVA, D. J.; MORAES, P. L.D. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 326-329, 2004.
- AVILAN, L.A.R.; CARMELO, R.A. **El mango**. Caracas: Editorial America, 1990. 401p.
- BALLY, I. S. E. Crop Production: Mineral Nutrition. In: LITZ, R.E. **The mango**. Wallingford: CAB International, 2009. cap. 12, p. 404-431
- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, **Anais...** Piracicaba, SBCS, 1992. p. 369-404.
- BEAULFIS, E.R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 132p. 1973. (Soil Sci. Bulletin, 1)
- BELL, F. P.; HALLMARK, W. B.; SABBE, W. E.; DOMBECK, D. G. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. **Agronomy Journal**, v. 87, p.859-865, 1995.
- BHARGAVA, B.S.; CHADHA, K.L. Leaf nutrient guide for fruit and plantation crops. **Fertiliser News**, v. 33, p. 21-29, 1988.
- BHUPAL RAO, G.; PRASAD RAO, A. Identification of yield-limiting nutrients in mango through DRIS indices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** v.37, p.1761-1774, 2006.
- BOPAI AH, M.G.; THAKUR, R.S.; SRIVASTAVA, K.C. Studies on some aspects of soil and leaf nutrients in Dashehari mango. **Acta Horticulturae**. v.231, p.353-357, 1989.
- CATCHPOOLE, D.W.; BALLY, I.S.E. Nutrition of mango trees: a study of the relationships between applied fertilizer, leaf elemental composition and tree performance (flowering and fruit yield). **Mango**, 2000. Proceedings of Marketing Seminar and Production Workshop. Townsville, Queensland. 1995. p. 91-104.
- CHADHA, K.L.; SAMRA, J.S.; THAKUR, R.S. Standardization of leaf-sampling technique for mineral composition of leaves of mango cultivar 'Chausa'. **Scientia Horticulturae**, v.13, p.323-329, 1980.
- GONZÁLEZ-ACUÑA, I.J.; LLANOS-PERALES, A.; HURTADO-GARCÍA, B.; LANG-OVALLE, F.P. Extracting potassium from mango leaves. **Acta Horticulturae**, v.820, p.381-386, 2009.
- HUNDAL, H. S.; SINGH, D.; BRAR, J.S. Diagnosis and recommendation integrated system for monitoring nutrient status of mango trees in submountainous area of Punjab, India. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, p.2085-2099. 2005.
- KOHLI, R.R.; REDDY, Y.T.N. Influence of rootstocks on growth, yield and leaf

- nutrient composition of Alphonso mango. **Acta Horticulturae**, v.231, p.225-231, 1989.
- KOO, R.C.J.; YOUNG, T.W. Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.97, p.792-794, 1972.
- KUMAR, S.; NAURIYAL, J.P. Nutritional studies on mango: tentative leaf analysis standards. **Indian Journal of Horticulture**, v.34, p.100-106, 1977.
- LABOREM, G.; AVILAN, R.; FIGUEROA, M. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). **Agronomia Tropical**, v.29, p.3-15, 1979.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 631 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York : Academic Press, 1986. 674 p.
- MEDEIROS, A.A.; AMORIM, J.R.A.; SILVA, D.J.; DANTAS, J.A.; GUERRA, A.G. Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 645, p.403-410, 2004.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. cap.2, p.190-233.
- NOGUEIRA, A.R. de A.; MATOS, A.O.; CARMO, C.A.F.S.; SILVA, D. J.; MONTEIRO, F. L.; SOUZA, G. B.; PITA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H.; COMASTRI FILHO, J. A.; MIYAZAWA, M.; OLIVEIRA NETO, W.T. Tecido vegetal. In: NOGUEIRA, A.; SOUZA, G. B. (Ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. cap. 8, p. 145-199.
- OOSTHUYSE, S.A. Variation of leaf nutrition status in relation to fruit growth in mango. **Acta Horticulturae**, v. 509 p. 375-378, 2000.
- PARENT, L.E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p.321-334. 2011.
- PATHAK, R.A.; PANDEY, R.M. Sampling for mineral content in leaves of mango cultivar 'Dashehari'. **Scientia Horticulturae**, v.5, p.255-264, 1976.
- PATHAK, R.A.; PANDEY, R.M. Studies on the chemical composition of leaves associated with position on the shoot in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dashehari. **Progressive Horticulture**, v. 9, p.16-23, 1978.
- PRADO, R.M. Phosphorus effects in the nutrition and growth of developing mango plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, p.2041-2049, 2010.
- QUAGGIO, J.A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O.M. (Ed.) **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DBZ/UESB, 1996. p.106-135.
- ROBINSON, J.B.; TREEBY, M. AND STEPHENSON, R.A. Fruits, vines and nuts. In: Reuter, D.J. and Robinson, J.B. (eds). **Plant analysis: an interpretation manual**. 2.ed. Inkata, Melbourne, Australia, 1997. p.347-382.
- ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; BARBOSA, J.C. Amostragem para

- diagnose do estado nutricional de mangueiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.371-376, 2007.
- SHU, Z.H.; SHEEN, T.F.; LIN, S.L.; LEE, K.C. Effects of microelement-containing pesticides on nutrient concentrations of mango leaves. **Acta Horticulturae**, v.321 p.553-560, 1992.
- SILVA, D. J.; PEREIRA, J. R.; MOUCO, M. A. C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. de; RAIJ, B.; SILVA, C. A. **Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. 13 p. (Embrapa Semi-Árido, Circular Técnica, 77).
- SILVA, D.J.; PEREIRA, J.R.; ALBUQUERQUE, J.A.S. de. Equilíbrio nutricional em mangueira cultivada sob irrigação no Submédio São Francisco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu-MG. **Resumos...** Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 679.
- SMITH, B.L. Time of leaf sampling and analysis norms for mangoes (cv Sensation). **South African Mango Grower's Association Yearbook**, v.12, p.54-56, 1992.
- SUMNER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, v.71, p.343-348, 1979.
- THAKUR, R.S.; PRASADA RAO, G.S.; CHADHA, K.L.; SAMRA, J.S. Variation in mineral composition on mango leaves as contributed by leaf sampling factors. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.331-343, 1981.
- THAKUR, R.S.; SRIVASTAVA, RP.; CHADHA, K.L.; SINGH, N.P. Effect of rootstock on mineral composition of mango leaves. **Acta Horticulturae**, v.231, p.232-238, 1989.
- WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.227-234, 2005.
- WADT, P.G.S.; LEMOS, C.O. Medidas de acurácia para diagnósticos nutricionais e seu impacto no manejo das adubações. In: PRADO, R.M.; CECILIO FILHO, A.B.; CORREIA, M.A.R.; PUGA, A.P. (Org.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. 1 ed. Jaboticabal: FCAV/FAPESP/CAPES/FUNDUNESP, 2010, p.213-236.
- WADT, P.G.S.; SILVA, D.J. Acurácia do diagnóstico nutricional de pomares de mangueiras obtidos por três fórmulas DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1180-1188, 2010.
- WADT, P.G.S.; SILVA, D.J.; MAIA, C.E.; TOMÉ JR, J.B.; PINTO, P.A. da C.; MACHADO, P.L.O. de A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.57-64. 2007.
- WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Advances in Soil Science**, v.6, p.149-188, 1987.
- YOUNG, T.W.; KOO, R.C.J. Mineral composition of Florida mango leaves. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.82, p.324-328, 1969.
- YOUNG, T.W.; KOO, R.C.J. Variations in mineral content of Florida mangoes leaves. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.84, p.298-303, 1971.