

# Nutrição de plantas cítricas

*Dirceu Mattos Júnior<sup>1</sup>  
Rodrigo Marcelli Boaretto<sup>2</sup>  
Fernando César Bachiega Zambrosi<sup>3</sup>  
José Antônio Quaggio<sup>4</sup>*

**Resumo** - A manutenção de altas produções dos citros requer, dentre outros fatores, o manejo nutricional adequado dos pomares. É necessário estabelecer informações que relacionem o crescimento e a produtividade dos citros com a disponibilidade de nutrientes no solo e seus teores nas folhas. São apresentadas informações científicas sobre o manejo nutricional dos citros, as quais, aplicadas, incrementam a produtividade e a qualidade dos frutos em novos sistemas de produção, bem como temas sobre amostragem e análises de solo e de planta, além das recomendações de calagem e de adubação (incluindo fertirrigação) para a implantação, formação do pomar e produção de frutos destinados à indústria ao consumo in natura.

**Palavras-chave:** Nutrição mineral. Fertilidade do solo. Análise de solo. Análise de folha. Diagnose visual. Adubação. Fertilizante.

## INTRODUÇÃO

As plantas cítricas cultivadas comercialmente são formadas por combinações de variedades de copas e de porta-enxertos, o que permite a adaptação dos citros a condições edáficas distintas, e, consequentemente, a manutenção de produtividades elevadas. Entretanto, a demanda por nutrientes é variável com essas combinações e com os estádios fenológicos da planta, o que gera necessidades específicas de manejo nutricional.

As primeiras recomendações de adubação dos citros no Brasil foram adaptadas a partir de informações técnico-científicas geradas nas décadas de 1960 e 1970, na Flórida e na Califórnia (EUA). Contudo, diferenças entre as variedades cítricas e as condições de solo, como a acidez mais elevada e a alta capacidade de fixação de fósforo (P) dos solos, geraram a necessidade de tecnologia direcionada às condições brasileiras.

As doses de nitrogênio (N) e potássio (K) foram definidas pela relação de extração desses nutrientes pelos frutos cítricos, 1,5 - 2,0 kg de N ou de K por tonelada de frutos frescos, utilizando-se uma relação 1:1. Tal relação é considerada uma aproximação adequada para cultivos em solos com textura arenosa e de baixa capacidade de retenção de K.

Outro fato relevante, que comprometeu a adaptação das práticas de adubação nos pomares da Flórida às condições brasileiras, relacionava-se à baixa necessidade de aplicação de P naqueles solos. Tal característica decorreu da alta disponibilidade desse nutriente no solo originado de material rico em sedimentos marinhos.

Assim, as doses de P das adubações dos pomares no Brasil eram baixas, embora recomendações brasileiras na época já procurassem sanar essas discrepâncias. Por exemplo, as doses de P recomendadas para solos com teores médios a muito

baixos extraídos por resina trocadora de íons (P-resina) variavam de 30 a 90 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por caixa de frutos (1 caixa = 40,8 kg de frutos), ou seja, até de 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para pomares com produtividade de 600 caixas/hectare nos espaçamentos tradicionais.

As produtividades modestas alcançadas na época (< 30 t/ha de frutos) já demonstravam a necessidade da revisão das recomendações do manejo de nutrientes nas condições dos solos tropicais, predominantemente ácidos e com baixa reserva de nutrientes.

O Instituto Agronômico de Campinas (IAC) desenvolveu, na década de 1980, métodos para a análise química de solo, cuja principal característica é a extração simultânea de P, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e K com a utilização de resinas trocadoras de íons e a recomendação de calagem pelo método da saturação por bases (V). Esses métodos são ajustados às condições

<sup>1</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Científico IAC - Centro APTA Citros Sylvio Moreira, Cordeirópolis-SP, e-mail: dirceu@centrodecitricultura.br

<sup>2</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Científico IAC - Centro APTA Citros Sylvio Moreira, Cordeirópolis-SP, e-mail: boaretto@centrodecitricultura.br

<sup>3</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Científico IAC - Centro de Solos e Recursos Ambientais, Campinas-SP, e-mail: zambrosi@iac.sp.gov.br

<sup>4</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Científico IAC - Centro de Solos e Recursos Ambientais, Campinas-SP, e-mail: quaggio@iac.sp.gov.br

dos solos tropicais e subtropicais, porém apresentam boa adaptação às características dos solos calcários e salinos, e ainda permitem avaliar melhor a disponibilidade de nutrientes nos pomares.

Nos anos 90, teve início um extenso programa de pesquisa em calagem e adubação para a citicultura. Tal programa contou com uma rede de ensaios de calagem e de adubação NPK conduzida, durante vários anos, nas principais regiões citrícolas do estado de São Paulo. Os resultados desse programa de pesquisa demonstraram a importância da correção da acidez do solo, com o estabelecimento da curva de resposta dos citros à calagem. Trabalhos sucessivos ainda revelaram a importância do Ca e do Mg em solos tropicais na nutrição da planta cítrica e seus efeitos sobre a produção e a qualidade dos frutos.

Com os resultados desses ensaios foi possível ainda demonstrar a importância da adubação com P nos pomares paulistas e estabelecer as curvas de calibração de análises de solo para P e K pelo método da resina, as quais, por sua vez, permitem quantificar a resposta dos citros à adubação para esses dois nutrientes com base nas análises de solo. Essas curvas de calibração possibilitaram, também, estabelecer os limites de concentração desses nutrientes no solo, acima dos quais não há resposta à aplicação de adubos. Assim, para o P, o valor é igual a 20 mg/dm<sup>3</sup> e, para o K 2,0 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> (QUAGGIO; CANTARELLA; RAIJ, 1998).

Modelos de resposta à adubação NPK foram ajustados aos resultados de ensaios de longa duração, o que permitiu introduzir o conceito de economicidade nas recomendações de adubação, considerando-se os resultados de análises de solo para P e K, análises foliares como critério para avaliação da disponibilidade de N e produção estimada como índice do balanço nutricional.

Mais recentemente, outras pesquisas conduzidas pelo Grupo de Nutrição dos Citros do IAC mostraram respostas à

adubação: em função do porta-enxerto (QUAGGIO et al., 2004; MATTOS JUNIOR et al., 2006; ZAMBROSI et al., 2012b); no fornecimento de micronutrientes (BOARETTO et al., 2002, 2004, 2008, 2011; QUAGGIO et al., 2003); na eficiência do uso de fertilizantes (CANTARELLA et al., 2003; MATTOS; GRAETZ; ALVA, 2003; BOARETTO et al., 2013; ZAMBROSI et al., 2012a, 2013) e no manejo da fertirrigação (QUAGGIO et al., 2006b, 2014; SOUZA et al., 2012).

Procurou-se, neste artigo, alinhar as contribuições publicadas sobre nutrição e adubação das plantas cítricas que permitem o estabelecimento de programas de adubação que promovam aumentos na produtividade e melhor qualidade dos frutos da citicultura brasileira.

O Grupo de Nutrição dos Citros do IAC prevê ainda a atualização das recomendações ora apresentadas, principalmente com relação ao ajuste da adubação com NPK para pomares em formação, considerando os espaçamentos mais adensados adotados para plantio dos novos pomares, para pomares em início de produção de frutos (o que tem ocorrido mais precocemente), e também com relação à adubação com micronutrientes.

## **DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO**

Para pomares de alta produtividade, é indispensável um bom programa de calagem e adubação, cujo sucesso requer o uso de ferramentas de diagnósticos (análises químicas de solo e de planta), que permitem adequar o suprimento de nutrientes fornecidos pela adubação em função dos níveis de fertilidade do solo e da demanda da cultura, aumentando a eficiência no uso de insumos.

Assim, torna-se essencial a amostragem correta do solo e da planta, bem como a escolha de um bom laboratório de análises. Cabe ainda ressaltar que a análise química não pode corrigir falhas na retirada da amostra nem na representatividade do talhão.

## **Amostragem e análise química do solo**

A eficiência da análise de solo depende da representatividade da amostra de terra em relação à área ou talhão. Para maior representatividade, devem ser coletadas 15 a 20 subamostras por talhão, com trados do tipo holandês ou sonda.

Antes da implantação do pomar, a amostragem deve ser realizada nas profundidades de 0 - 20 cm e de 20 - 40 cm, percorrendo em zigue-zague toda a área.

Já a amostragem de solo em pomares implantados é feita em talhões homogêneos (de até 10 ha) quanto a cor e textura do solo, posição no relevo, manejo do pomar, idade das árvores, combinações de copa/porta-enxerto e histórico de produtividade. As amostras de solo devem ser coletadas nas profundidades de 0 - 20 cm, com o intuito de recomendar a adubação e a calagem, e de 20 - 40 cm, com o objetivo de diagnosticar barreiras químicas ao desenvolvimento das raízes, como a deficiência de cálcio (Ca) e/ou excesso de alumínio (Al).

A amostragem deve ser feita anualmente, sendo a melhor época entre a segunda e a terceira parcelas de adubação, com um intervalo mínimo de 30 dias após a última adubação.

Em pomares não irrigados, as subamostras devem ser retiradas na faixa de adubação, sendo uma subamostra coletada cerca de 0,5 m para dentro, e outra, 0,5 m para fora da projeção da copa das árvores. Amostrar, aproximadamente, 15 árvores por talhão.

Para pomares fertirrigados, a coleta das subamostras deve ser feita em pontos do lado de fora do bulbo úmido, distante cerca de 2/3 da largura do bulbo da linha de emissores. Geralmente, essa distância é de 30 a 40 cm da linha de gotejadores. A época mais apropriada para coleta é de fevereiro a abril, garantindo-se também um intervalo mínimo de 30 dias após a última adubação.

A interpretação dos resultados de análise de solo tem por base parâmetros

definidos por meio de curvas de calibração das análises de solo específicas para citros (Quadro 1). Como recomendação geral, o citricultor deve procurar manter os solos dos pomares nas classes de teores médios para todos os nutrientes e para V, evitando-se, assim, deficiências ou excessos, pois ambos limitam a produtividade e a qualidade dos frutos cítricos.

### **Amostragem e análise química de folha**

Os citros armazenam na biomassa grande quantidade de nutrientes, que podem ser redistribuídos para órgãos em desenvolvimento, como folhas e frutos (MATTOS JUNIOR; GRAETZ; ALVA, 2003b). Por essa razão, a análise foliar é uma ferramenta bastante útil para complementar a análise de solo na avaliação da fertilidade dos solos e também para aferir o equilíbrio nutricional da planta cítrica. Além disso, para o caso do N, cujos métodos de análises de solo não têm consistência no diagnóstico de disponibilidade para as plantas, o teor de N nas folhas da laranjeira tem sido usado como critério para subsidiar a recomendação de adubação do nutriente, conforme proposto por Quaggio, Cantarella e Raij (1998).

Ao contrário da análise do solo, a análise química de folhas determina os teores totais dos nutrientes no tecido vegetal, sendo, assim, menos sujeita à interferência do método empregado. Os teores foliares dos nutrientes não dependem unicamente da disponibilidade do elemento no solo, pois sofrem influência de outros fatores, como taxa de crescimento da planta, idade da folha, combinações copa e porta-enxerto, e interações com outros nutrientes. Os teores de nutrientes móveis no floema da planta (N, P e K) diminuem com a idade da folha, enquanto que os teores de nutrientes imóveis, como Ca e boro (B), aumentam nas folhas mais maduras. Assim, as folhas coletadas para análise devem apresentar a mesma idade daquelas usadas para definir os limites presentes nas tabelas de interpretação.

A amostragem deve ser feita coletando-se a 3<sup>a</sup> ou 4<sup>a</sup> folha do ramo com fruto terminal de 2 a 4 cm de diâmetro, gerada na primavera, com, aproximadamente, seis meses de idade, normalmente de fevereiro a março. Recomenda-se amostrar pelo menos 25 árvores por talhão, coletando-se quatro folhas não danificadas por árvore, uma em cada quadrante e na altura mediana da copa. Considerando-se que as pulverizações com adubos foliares e/ou o uso de defensivos contendo nutrientes podem manter esses elementos aderidos na superfície do limbo foliar por vários meses,

é recomendável não coletar folhas em um intervalo mínimo de 30 dias após a última pulverização. As amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel e guardadas em geladeira à temperatura aproximada de 5 °C, até o envio para o laboratório, que deve ser em período inferior a dois dias após a coleta no campo.

A interpretação do resultado da análise foliar é feita comparando-se os resultados do laboratório com os valores apresentados no Quadro 2. O programa de adubação do pomar também deve ser ajustado de modo que os teores foliares estejam na

**QUADRO 1 - Interpretação de resultados de análise de solo para macronutrientes e saturação por bases (v) na camada arável do solo para a citricultura**

Classe de teor	P-resina (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Mg (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Saturação por bases (%)
Muito baixo	< 6	< 0,8	< 2	< 25
Baixo	6 - 12	0,8 - 1,5	2 - 4	25 - 50
Médio	13 - 30	1,6 - 3,0	5 - 9	51 - 70
Alto	> 30	> 3,0	> 9	> 70

FONTE: Quaggio, Mattos Junior e Boaretto (2010).

**QUADRO 2 - Faixas para interpretação de teores de macro e micronutrientes encontradas nas folhas de citros geradas na primavera, com seis meses de idade, de ramos com fruto terminal**

Nutriente	Teor		
	Baixo	Adequado	Excessivo
Macronutriente (g/kg)			
<sup>(1)</sup> N	< 23	23 - 27	> 30
P	< 1,2	1,2 - 1,6	> 2,0
K	< 10	10 - 15	> 20
Ca	< 35	35 - 45	> 50
Mg	< 3,0	3,0 - 4,0	> 5,0
S	< 2,0	2,0 - 3,0	> 5,0
Micronutriente (mg/kg)			
B	< 80	80 - 160	> 160
<sup>(2)</sup> Cu	< 10	10 - 20	> 20
Fe	< 49	50 - 120	> 200
Mn	< 34	35 - 50	> 100
Zn	< 34	35 - 50	> 100
Mo	< 2	2 - 10	> 10

FONTE: Quaggio, Mattos Junior e Boaretto (2010).

(1) Para limões e lima ácida Tahiti, as faixas de interpretação do teor de nitrogênio (N) foliar (mg/kg) são: <18 (baixo), 18 - 22 (adequado) e >22 (excessivo). (2) Teores foliares de cobre (Cu) acima de 20 mg/kg<sup>3</sup> geralmente estão associados a contaminações do nutriente na superfície do limbo foliar, por causa da aplicação de produtos à base de Cu no tratamento fitossanitário (valores ajustados após novos ensaios com micronutrientes).

faixa adequada. Às vezes, teores excessivos dos micronutrientes metálicos podem ser encontrados na análise foliar sem que esta apresente sintomas de toxicidade, o que pode levar à interpretação errada do estado nutricional, pois esses nutrientes podem apenas estar aderidos na superfície da folha, sem estar disponíveis para a planta.

## **RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO**

O desafio de preparar bem o solo para uma citricultura moderna é grande, pois a fertilidade natural dos solos tropicais ocupados pelos pomares cítricos é baixa.

As recomendações de calagem e adubação baseiam-se no Sistema IAC de Análises de Solos (RAIJ et al., 2001).

### **Calagem**

A acidez do solo é reconhecida como um dos principais fatores da baixa produtividade das culturas, que é determinada, frequentemente, pela toxicidade de Al, e também manganês (Mn) em algumas espécies, pelos baixos teores de Ca e Mg e pela redução da disponibilidade de outros nutrientes, como o P. No manejo de correção da acidez do solo, deve-se dar preferência por calcário dolomítico, o qual deverá ser aplicado em área total, para elevar V do solo na camada arável (0 - 20 cm de profundidade) a 70% e pré-incorporado com grade semipesada, com discos de pelo menos 30". Esse valor porcentual de V no solo corresponde a pH 5,5 determinado em solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol/L (RAIJ et al., 2001).

Recomenda-se, também, o manejo da calagem, a fim de elevar e manter os níveis de Mg no solo próximos de 9 mmol/dm<sup>3</sup>.

Em solos com barreiras químicas ao crescimento de raízes nas subsuperfícies, tais como excesso de Al (valor m > 40%) e/ou deficiência de Ca (V < 25%), o preparo deve ocorrer com a maior antecedência possível ao plantio das mudas, para permitir a adequada reação do calcário no solo.

A necessidade de calcário é calculada com base em curva de calibração estabelecida para os citros, e tem por objetivo elevar V a 70% na camada superficial do solo (0 - 20 cm de profundidade). Esse valor corresponde a pH 5,5 determinado em solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol/L. Sugere-se, também, o manejo da calagem, para elevar e manter os níveis de Mg no solo em pelo menos 9 mmol/dm<sup>3</sup>. O cálculo da calagem é feito com a seguinte fórmula:

$$\text{NC} = \text{CTC} (\text{V}_2 - \text{V}_1)/10 \text{ PRNT}$$

em que:

NC = necessidade de calagem, t/ha;

CTC = capacidade de troca de cátions, mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>;

$\text{V}_1$  = saturação por bases atual do solo, da camada arável de 0 - 20 cm, %;

$\text{V}_2$  = saturação por bases recomendada para os citros, cujo valor é 70%;

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, que representa a capacidade neutralizante do corretivo.

### **Calagem no plantio**

Antes da implantação do pomar, o calcário deverá ser aplicado tecnicamente em área total, com antecedência ao plantio das mudas. Após a pré-incorporação, o calcário deverá ser incorporado profundamente com grade pesada, arado de disco ou aiveca. Além da calagem, em solos muito ácidos, com caráter distrófico ou álico, nos quais as respostas à aplicação de gesso são mais frequentes, recomenda-se a aplicação desse produto em doses definidas com base no teor de argila da camada de 20 - 40 cm de profundidade, sendo:

- a) arenoso (argila < 20%), aplicar 1,0 t/ha de gesso;
- b) textura média (argila 20% - 40%), aplicar 1,5 t/ha de gesso;
- c) argiloso (argila > 40%), aplicar 2,0 t/ha de gesso.

Deve-se, ainda, aplicar calcário na dosagem de 0,5 kg/m de sulco de plantio.

A incorporação do calcário no sulco deve ser feita por meio de um subsolador ou do subsolador com três hastes, conhecido como equipamento de “tríplice operação” que também incorpora P em profundidade. Esta operação favorece, ao mesmo tempo, a incorporação do adubo fosfatado aplicado no plantio, quando o equipamento é adaptado.

### **Calagem em pomar em produção**

O aspecto mais importante da resposta dos citros à calagem é o longo efeito residual no solo e a resposta à produção (SILVA et al., 2007; AULER et al., 2011). Contudo, a avaliação da acidez do solo, com a análise química de amostras coletadas na faixa de adubação, deve ser uma prática rotineira dentro do programa de manejo do pomar, já que a aplicação de adubos, principalmente os nitrogenados, e o uso da fertirrigação contribuem significativamente para o aumento da acidez. O modo de aplicação de calcário em faixas, em pomares já implantados, é uma alternativa bastante interessante, por direcionar o insumo na área mais acidificada do pomar.

A época mais adequada para a calagem na citricultura é a de março a abril, distribuindo-se 70% da dose sob a projeção da copa das plantas. Entretanto, em pomares fertirrigados, recomenda-se a aplicação de 100% da dose sob a região da copa, em decorrência da maior acidificação do solo.

### **Adubação**

As recomendações de adubação NPK disponíveis, atualmente, são distintas para: plantio e formação – árvores jovens menores que cinco anos de idade, e produção – árvores adultas. Neste último caso, distinguem-se as doses de fertilizantes para os grupos de variedades de laranjas, lima ácida e limões, e tangerinas e tangor (QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2005). Ainda para laranjeiras, as recomendações de adubação consideram a qualidade e o destino da fruta (indústria ou mercado in natura).

Há uma tendência para revisão das doses de nutrientes naquele período de formação, tendo em vista a evolução do plantio dos novos pomares em espaçamentos bastante adensados e do cresci-

mento das plantas e aumento da produção de frutos alcançados entre o terceiro e o quinto ano após o plantio no campo, por exemplo em áreas favoráveis ao pomar ou sob fertirrigação.

No Quadro 3, encontram-se as garantias mínimas exigidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) dos principais fertilizantes minerais destinados à agricultura.

QUADRO 3 - Garantias mínimas (%) dos fertilizantes minerais destinados à agricultura

Fertilizante	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	Micronutrientes
<b>Nitrogenados</b>							
Ureia	45	-	-	-	-	-	-
Nitrato de amônio	32	-	-	-	-	-	-
Sulfato de amônio	20	-	-	-	-	22	-
Nitrato de cálcio	14	-	-	16	-	-	-
Nitrato de magnésio	10	-	-	-	8	-	-
Amônia anidra	82	-	-	-	-	-	-
Aquamônia	10	-	-	-	-	-	-
Solução nitrogenada	20						
<b>Fosfatados</b>							
Superfosfato simples	-	18	-	16	-	8	-
Superfosfato triplo	-	41	-	10	-	-	-
Fosfato diamônico (DAP)	17	45	-	-	-	-	-
Fosfato monoamônico (MAP)	9	48	-	-	-	-	-
Fosfato monopotássico (MKP)	-	51	33	-	-	-	-
Solução de ácido fosfórico	-	40	-	-	-	-	-
Nitrofosfato	14	18	-	6	-	-	-
<b>Potássicos</b>							
Cloreto de potássio	-	-	58	-	-	-	-
Nitrato de potássio	12	-	44	-	-	-	-
Sulfato de potássio	-	-	48	-	-	15	-
Sulfato de potássio e magnésio	-	-	20	-	10	20	-
<b>Macronutrientes secundários</b>							
Sulfato de cálcio (gesso agrícola)	-	-	-	16	-	13	-
Sulfato de magnésio	-	-	-	-	9	11	-
<b>Micronutrientes</b>							
Ácido bórico	-	-	-	-	-	-	17 B
Óxido cúprico	-	-	-	-	-	-	70 Cu
Sulfato de cobre	-	-	-	-	-	11	24 Cu
Nitrato de cobre	9	-	-	-	-	-	22 Cu
Cloreto cúprico	-	-	-	-	-	-	20 Cu
Sulfato ferroso	-	-	-	-	-	10	19 Fe
Sulfato férrico	-	-	-	-	-	18	23 Fe
Sulfato de manganês	-	-	-	-	-	16	26 Mn
Cloreto de manganês	-	-	-	-	-	-	25 Mn
Nitrato de manganês	8	-	-	-	-	-	16 Mn
Molibdato de amônio	5	-	-	-	-	-	52 Mo
Molibdato de sódio	-	-	-	-	-	-	39 Mo
Sulfato de zinco	-	-	-	-	-	9	20 Zn
Cloreto de zinco	-	-	-	-	-	-	24 Zn
Nitrato de zinco	8	-	-	-	-	-	18 Zn

FONTE: Dados básicos: Brasil (2007).

### Adubação de sulco de plantio

A experiência de campo tem demonstrado vantagens da adubação fosfatada aplicada em profundidade, juntamente com o calcário, no sulco de plantio. Por essa razão, o produtor deve dar preferência para fosfatos solúveis em água e pH mais alto (como superfosfato simples), e, se possível, contendo 0,5% de zinco (Zn) em sua composição.

Recomenda-se a aplicação de 90 g de  $P_2O_5/m$  de sulco, independentemente do teor desse nutriente no solo, o que varia de 120 a 160 kg/ha de  $P_2O_5$ , junto com o calcário no sulco de plantio. A estratégia de incorporação do P no sulco de plantio surgiu diante da constatação frequente de sintomas de deficiência do nutriente em pomares jovens. Isto se deve ao fato de que as árvores jovens apresentam taxa de crescimento e demanda por P mais elevadas do que plantas adultas, e, ao mesmo tempo, possuem sistema radicular menos desenvolvido (QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2005).

O benefício da aplicação em profundidade do P no sulco de plantio para a formação de pomares mais vigorosos é comprovado, quando se verifica que o crescimento inicial das laranjeiras é favorecido pela melhor distribuição do fertilizante fosfatado em profundidade no solo, comparado à aplicação concentrada na camada superficial (ZAMBROSI et al., 2013). A importância dessa aplicação

ocorre por ser a única oportunidade para aplicar P em profundidade.

### Adubação de formação

Durante a fase de formação (1-5 anos) do pomar, até o quinto ano, as doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas levam em conta a idade do pomar e os resultados da análise de solo para P e K, a fim de atender a necessidades de crescimento da copa e início de produção de frutos. A análise de solo não fornece parâmetros para a adubação nitrogenada dos citros, por causa da complexa dinâmica do nutriente no solo. Assim, recomenda-se a adubação com N durante a fase de formação do pomar, em função da idade da planta. No Quadro 4, estão as sugestões de adubação para pomares de citros em formação elaboradas para uma densidade de plantio de até 550 plantas por hectare. Para plantios mais adensados, ajustes nesses valores devem ser realizados.

Ainda, na fase de formação, a resposta das laranjeiras à adubação com P é maior para copas enxertadas em tangerineira 'Cleópatra' em comparação ao limoeiro 'Cravo' e ao citrumelo 'Swingle' (MATTOS JUNIOR et al., 2006). O mesmo trabalho indica que, nesta fase de condução dos citros no campo, a resposta de copas em citrumelo 'Swingle' à adubação com K é maior, em comparação a outros porta-enxertos. Assim, ajustes nas doses recomendadas podem ser feitos levando-se em conta o porta-enxerto escolhido (Quadro 4).

As doses de N e K devem ser parceladas, conforme a idade das plantas, de três a seis vezes no ano, entre setembro e março. Os maiores números de parcelamentos são necessários nos primeiros anos após o plantio das mudas no campo. O P deve ser aplicado preferencialmente em dose única, no primeiro parcelamento.

### Adubação de produção

Na adubação para pomares em produção, consideram-se, além da disponibilidade de nutriente no solo, a produtividade esperada e o teor de N nas folhas como critérios de ajuste das doses de fertilizantes aplicadas, pois árvores em produção têm demanda extra de nutrientes para os frutos, além dos nutrientes necessários ao crescimento de folhas, ramos e raízes. O teor de N foliar tem mostrado ser um bom indicador para ajustar as doses de N definidas, conforme a produção estimada de frutos.

A resposta à adubação nitrogenada para a produção de laranjas (QUAGGIO; CANTARELLA; RAIJ, 1998), tangerinas e tangor 'Murcott' (MATTOS JUNIOR et al., 2004) é praticamente inexistente para teores foliares acima de 28 g de N/kg.

No caso de limões e lima ácida, o teor adequado de N nas folhas é menor e situa-se próximo de 22 g de N/kg (QUAGGIO et al., 2002; MATTOS JUNIOR; QUAGGIO; CANTARELLA, 2003).

Os citros armazenam grande quantidade de N na biomassa, que, por sua vez, pode ser redistribuído, principalmente para órgãos em desenvolvimento, como folhas e frutos (MATTOS JUNIOR; GRAETZ; ALVA, 2003). Por esse motivo, a redução da adubação nitrogenada pode não afetar a produção de frutos de imediato. Contudo, quando as doses de N forem inferiores às recomendadas, as árvores podem sofrer uma gradativa redução da densidade e crescimento da copa, o que, consequentemente, acarretará em perdas na produção de frutos em anos posteriores.

O ajuste da adubação nitrogenada com base na análise de folhas é importante, pois a falta ou excesso de N interfere di-

QUADRO 4 - Recomendações de adubação para citros em formação por idade e em função da análise do solo

Idade (anos)	N (g/planta)	P-resina (mg/dm <sup>3</sup> )				K-trocável (mmol <sub>C</sub> /dm <sup>3</sup> )			
		0 - 5	6 - 12	13 - 30	> 30	0 - 0,7	0,8 - 0,5	1,6 - 3,0	> 3,0
		$P_2O_5$ (g/planta)				$K_2O$ (g/planta)			
1 - 2	220	160	100	50	20	120	90	50	0
2 - 3	300	200	140	70	30	200	150	100	60
3 - 4	400	300	210	100	50	400	300	200	100
4 - 5	500	400	280	140	70	500	400	300	150

NOTA: Para copas sobre tangerinas 'Cleópatra' e 'Sunki', aumentar a dose de P em 20%.

Para citrumelo 'Swingle', aumentar a dose de K em 20%.

retamente no tamanho e na qualidade dos frutos (QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2006a). Por exemplo, altas doses de N tendem a aumentar o número de frutos na planta, em detrimento do tamanho destes, o que pode ser uma desvantagem para a comercialização de frutos in natura.

A adubação com K, por sua vez, também afeta o tamanho do fruto. Contudo, o excesso pode resultar em queda de produção dos citros, em decorrência do decréscimo nos teores foliares de Ca e Mg (MATTOS JUNIOR et al., 2004; QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; BOARETTO, 2011). Altas doses de K aumentam o tamanho do fruto e a espessura da casca, que são qualidades desejadas para os frutos de mercado in natura. No entanto, plantas com alto suprimento de K tendem a produzir frutos com maior acidez e menor teor de sólidos solúveis, o que os deprecia para a indústria de suco (ALVA et al., 2006;

QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2006).

Além disso, o manejo dos adubos nitrogenados é importante para garantir a eficiência de uso do N. Com as práticas recomendadas para o controle do mato no pomar por meio de herbicidas ou roçadeira, evitando-se o uso de grades, os fertilizantes são aplicados na superfície do solo, às vezes sobre resíduos de plantas. Nessas condições, a ureia, a fonte de N mais comum no Brasil, está sujeita a perdas por volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ), se não houver incorporação (mecânica ou com água de irrigação/precipitação) do fertilizante ao solo.

Avaliações em pomares comerciais têm mostrado que as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$  podem variar de 15% a 45% do N aplicado à superfície do solo, como ureia (CANTARELLA et al., 2003; MATTOS JUNIOR; GRAETZ; ALVA, 2003). E apesar de haver absorção da  $\text{NH}_3$  volatilizada da ureia pelas folhas das laranjeiras,

a quantidade de N absorvida do total volatilizado é pouco significativa (< 6%) (BOARETTO et al., 2013).

A adubação com P em citros deve considerar que os solos do Brasil são, em geral, deficientes nesse nutriente. Na citricultura, os fertilizantes são aplicados na superfície, sem incorporação. Nesse caso, devem-se utilizar fontes de P solúveis em água, para aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Em pomares já instalados em solos pobres em P, a correção da sua deficiência é mais eficiente em dose única.

A adubação para pomares em produção, além da disponibilidade de nutrientes no solo, leva em conta a produtividade esperada. Com base nesse conjunto de informações, foram estabelecidas recomendações da adubação de N, P e K para os pomares em produção e para os grupos de variedades de laranjas, considerando-se a qualidade e o destino da fruta – indústria (Quadro 5) ou mercado in natura (Quadro 6).

QUADRO 5 - Recomendações de adubação para laranjas (indústria), em função das análises de solo e folhas, e classes de produção

Classe de produção (t/ha)	N foliar (g/kg)			P-resina (mg/dm <sup>3</sup> )				K-trocável (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )			
	< 23	23 - 27	> 27	< 5	6 - 12	13 - 30	> 30	< 0,7	0,8 - 1,5	1,6 - 3,0	> 3,0
	N (kg/ha)			$\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ha)				$\text{K}_2\text{O}$ (kg/ha)			
< 20	120	80	70	80	60	40	0	80	60	40	0
21 - 30	140	120	90	100	80	60	0	120	100	60	0
31 - 40	200	160	130	120	100	80	0	140	120	80	40
41 - 50	220	200	160	140	120	100	0	180	140	100	50
> 50	240	220	180	160	140	120	0	200	160	120	60

QUADRO 6 - Recomendações de adubação para laranjas (in natura), em função das análises de solo e folhas, e classes de produção

Classe de produção (t/ha)	N foliar (g/kg)			P-resina (mg/dm <sup>3</sup> )				K-trocável (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )			
	< 23	23 - 27	> 27	< 5	6 - 12	13 - 30	> 30	< 0,7	0,8 - 1,5	1,6 - 3,0	> 3,0
	N (kg/ha)			$\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ha)				$\text{K}_2\text{O}$ (kg/ha)			
< 20	100	80	60	80	60	40	0	140	120	100	40
21 - 30	120	100	80	120	100	60	0	160	140	120	80
31 - 40	160	140	100	140	120	80	0	200	180	160	100
> 40	180	160	120	160	140	100	0	220	200	180	120

A adubação deve ser feita no período das águas, pois a demanda por nutrientes pelos cítricos é maior no início da primavera, quando ocorre o fluxo mais intenso de vegetação, e estende-se até o início do outono, quando deve haver boa reserva e equilíbrio na biomassa das plantas, para garantir os processos normais de floração e fixação dos frutos.

O parcelamento das doses de N e K em três ou quatro aplicações durante o ano aumenta a eficiência da adubação, por reduzir as perdas de nutrientes no solo com a água de drenagem, o que ocorre principalmente em solos arenosos, e por adequar a demanda de nutrientes em diferentes períodos de desenvolvimento dos citros (do florescimento à maturação dos frutos).

Recomenda-se aplicar 40% do N e K na época do florescimento, e o restante deverá ser dividido entre os meses de outubro e março do ano seguinte. Em variedades precoces, tais como Hamlin e Westin, é recomendado que o último parcelamento da adubação seja feito até fevereiro.

Quando os teores foliares de N e K das plantas forem superiores aos níveis considerados excessivos, sugere-se reduzir a dose ou suprimir o último parcelamento do fertilizante aplicado no ano. O P deve ser preferencialmente aplicado em dose única nos meses de agosto e setembro.

### Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica que permite a aplicação de fertilizantes nas plantas via água de irrigação. Nesse sistema, é possível aumentar a frequência de parcelamento do fertilizante, ou seja, diminuir a dose por aplicação do fertilizante com consequente aumento no número de aplicações. Nas condições brasileiras, a fertirrigação ainda é uma prática recente, principalmente na citricultura, o que tem demandado estudo sobre várias questões no setor.

As recomendações dessa prática utilizada em regiões de clima temperado e mediterrâneo, como Espanha e Israel, consideram as condições de solos com pH alto ( $> 6,5$ ) diferentes dos solos predominantemente ácidos encontrados no Brasil.

Quando os nutrientes são fornecidos juntamente com a água de irrigação, existe a possibilidade de ajuste da aplicação desses com as demandas das plantas nos diferentes estádios fenológicos. Resultados de pesquisa em solos tropicais têm demonstrado que, na citricultura, a eficiência do fertilizante aumenta em até 25% com a fertirrigação, em comparação com a adubação sólida convencional (QUAGGIO et al., 2006). Assim, em pomar fertirrigado por gotejamento, as doses de N e K, aplicadas via fertirrigação, podem ser reduzidas em até 20%.

Como os fertilizantes na fertirrigação por gotejo são aplicados de forma localizada, ocorre maior concentração de cátions e ânions na solução do solo, em relação à adubação sólida convencional, na qual os fertilizantes são aplicados em maior superfície. Portanto, pomares fertirrigados apresentam maior potencial de acidificação do solo na região do bulbo úmido. Dessa forma, o uso de fonte de N pouco acidificante torna-se fundamental para a manutenção do sistema (QUAGGIO et al., 2014).

Em condições de solos tropicais, não se recomenda o uso de ácido fosfórico como fonte de P para a planta. Entretanto, pode-se fazer o uso deste nutriente apenas para a limpeza do sistema de fertirrigação. Pelo custo das fontes de P pouco acidificantes, a adubação com P pode ser feita da forma convencional (sólida).

### Micronutrientes

Boro (B), zinco (Zn) e manganês (Mn) são micronutrientes cujos sintomas visuais de deficiência são mais frequentes (MATTOS JUNIOR; BATAGLIA; QUAGGIO, 2005; QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2005). Porém, a deficiência de cobre (Cu) em citros é relativamente comum durante a fase de formação do pomar, uma vez que, nesse período, as pulverizações com fungicidas cúpricos praticamente não ocorrem, não havendo, assim, o fornecimento indireto de cobre (MATTOS JUNIOR; BATAGLIA; QUAGGIO, 2005).

A deficiência de B ocorre em função da baixa disponibilidade do nutriente no solo e do efeito das condições climáticas, como períodos prolongados de seca ou excesso de chuvas, que reduzem a absorção pelas plantas. Em regiões mais frias, a transpiração das plantas é menor, o que reduz diretamente a absorção de B. Plantas enxertadas em citrumelo 'Swingle' são mais exigentes ao B que aquelas enxertadas em limoeiro 'Cravo' (BOARETTO et al., 2008).

Quaggio et al. (2003) demonstraram correlação positiva para a aplicação de ácido bórico no solo, e a produção de frutos da laranja. Neste trabalho, a produtividade máxima de frutos ocorreu com a dose de 4 kg/ha de B aplicada no solo, na faixa de adubação do pomar, correspondendo ao teor de B no solo de 1,0 mg/dm<sup>3</sup>, na camada de 0 - 20 cm.

A deficiência de Zn é generalizada nos pomares brasileiros, principalmente na variedade Pera. Os porta-enxertos, como tangerinas 'Cleópatra' e 'Sunki' são mais exigentes em Zn e, portanto, necessitam de aplicações complementares desse nutriente em relação ao limoeiro 'Cravo'.

Já a deficiência de Mn também é comum em pomares cítricos. Os sintomas são mais frequentes para a 'Pera', principalmente em solos com calagem recente ou quando ocorre veranico durante o verão.

A adubação foliar tem sido mais utilizada para aplicar micronutrientes metálicos na citricultura, não somente por ser pequena a quantidade necessária, mas também para evitar a adsorção dos elementos metálicos aos coloides do solo, e a redução da disponibilidade para as plantas. Entretanto, os micronutrientes têm baixa mobilidade no floema das plantas (BOARETTO et al., 2002, 2004). Isto mostra que devem ser feitas aplicações foliares nos principais fluxos de vegetação (primavera e verão), quando as folhas são ainda jovens e têm cutícula pouco desenvolvida, o que facilita a absorção e fornece os micronutrientes aos novos órgãos em desenvolvimento. A adubação foliar com B deve ser praticada somente como complemento à adubação via solo, geralmente em pomares em formação.

Em pomares com idade inferior a quatro anos, recomenda-se a aplicação mensal, entre outubro e maio, de Zn, Mn, Cu e B nas folhas. Em pomares em produção, realizar, no período da chuva, de três a quatro pulverizações, sempre que houver brotações novas na planta.

As fontes mais recomendadas de micronutrientes metálicos para aplicação foliar são sais solúveis formados com íons sulfato. Existem, no mercado, sais formados por íons de cloreto ou nitrato, e, também, produtos quelatizados. Em relação ao cobre, o uso da mistura sulfato e hidróxido tem sido a forma mais eficiente para fornecer o nutriente e evitar fitotoxicidade, causada pelo uso exclusivo na forma de sulfato. É importante ressaltar que o oxicloreto de cobre, comumente utilizado como fungicida, tem eficiência limitada como fonte do nutriente.

A recomendação da adubação foliar consiste em preparar soluções contendo como coadjuvante a ureia a 5 g/L, e, quando necessário, os micronutrientes, na forma de sais de sulfato e ácido bórico nas seguintes concentrações, em mg/L: B (200 a 300); Cu (100 a 125); Mn (300 a 700), e Zn (500 a 1000).

No preparo da solução de cobre, para cada 1 kg de sulfato de cobre pentahidratado deve-se acrescentar 1,5 kg de hidróxido de cobre. Essas concentrações foram definidas para fornecer anualmente, via aplicação foliar, as seguintes quantidades de micronutrientes: Cu (1,5 a 3,0 kg/ha, sulfato + hidróxido); Mn (1,8 a 4,2 kg/ha), e Zn (3,0 a 6,0 kg/ha).

As concentrações inferiores são recomendadas para a manutenção, enquanto as superiores devem ser empregadas quando há sintomas visíveis de deficiência. As caldas mais concentradas devem ser aplicadas durante as horas mais frescas do dia, para evitar queimaduras das folhas e frutos.

A aplicação de B na citricultura deve ser feita preferencialmente via solo. Recomenda-se a aplicação de ácido bórico dissolvido na calda de herbicidas de contato, como o glifosato, que constitui a forma mais prática e eficiente para aplicar o B. Geralmente, a aplicação desses

herbicidas é feita de duas a três vezes ao ano, com o volume de solução de 200 L/ha de área tratada, com o qual é possível dissolver a dose de 1 kg/ha de B (6 kg/ha de ácido bórico).

Sugere-se a aplicação anual de 2 kg/ha de B, independentemente da idade do pomar. Quando o porta-enxerto for o citrumelo 'Swingle', mais exigente em B, deve-se aumentar a dose para 3 kg/ha de B ao ano.

## DIAGNÓSTICO VISUAL DE DESORDENS NUTRICIONAIS

O bom desenvolvimento e crescimento das plantas se dá quando as concentrações dos nutrientes estão em níveis adequados no tecido vegetal. Concentrações muito baixas (deficiência) ou excessivas (toxicidade) de nutrientes nas raízes, ramos, folhas ou frutos caracterizam desordens do estado nutricional das plantas.

Os distúrbios causados ao metabolismo e crescimento das plantas por deficiência e toxicidade são típicos para cada elemento e ocorrem predominantemente nas folhas, cuja caracterização constitui a base para o diagnóstico visual do estado nutricional.

Embora característicos, os sintomas visuais podem ser confundidos, se houver deficiência e toxidez de mais de um elemento. Somando-se a isso outros fatores, como prejuízos causados às plantas por pragas e doenças, podem também ocasionar os mesmos sintomas típicos nutricionais.

Os sintomas visuais mais característicos de deficiência e toxidez de macro e micronutrientes em plantas cítricas são:

- a) nitrogênio: árvores deficientes em N - as folhas, especialmente as mais velhas, apresentam coloração verde-pálida e também ocorre limitação no crescimento e desenvolvimento da planta;
- b) fósforo: plantas deficientes em P - as folhas velhas perdem o brilho, podem ter tamanho excessivo, coloração bronzeada e caem prematuramente, quando a carência é severa. Por isso, os ramos tornam-se desfolhados da base para o ápice, em vista da redistribuição do nutriente

das folhas mais velhas para as mais novas, flores e frutos. Nos frutos, a columela tende a se tornar aberta;

- c) potássio: plantas deficientes em K - as folhas mais velhas tomam coloração amarelo-pálida e sem brilho. O tamanho dos frutos fica bastante reduzido e podem cair ao chão em grande quantidade, quando a deficiência é severa;
- d) magnésio: plantas deficientes em Mg - nas folhas mais velhas ocorre uma clorose típica, na forma de "V" invertido, que progride do centro para a extremidade do limbo;
- e) boro: plantas deficientes em B - ocorre a morte do meristema apical, com perda de dominância e o aparecimento de inúmeras brotações na ponta do ramo. A planta apresenta aspecto "enfezado" das partes mais velhas, caracterizado pelo formato arredondado da copa. Fitotoxicidade de B - os sintomas são relativamente frequentes, quando ocorrem adubações localizadas no sulco de plantio ou próximo de mudas e são caracterizados por clorose, queima das pontas e das bordas das folhas com pontos necróticos que evoluem para o centro do limbo foliar. Há queda prematura de folhas;
- f) cobre: deficiência de Cu - ocorre nos fluxos novos. As folhas têm tamanho aumentado, encurvam-se e as nervuras ficam salientes; nos ramos ocorre a formação de bolsas de gomas que, por sua vez, podem provocar seca do ramo;
- g) ferro: em condições brasileiras, nos solos tropicais ricos em óxidos de ferro, a deficiência em Fe é praticamente inexistente no campo, e os sintomas são mais comuns em viveiros e cultivos protegidos. Ocorre clorose internerval de folhas novas, com as nervuras permanecendo verdes em padrão reticulado fino, enquanto que as lâminas são de cor amarela. Com a intensificação dos sintomas, as folhas ficam esbranquiçadas;

- h) manganês: plantas deficientes em Mn - as folhas novas apresentam clorose internerval, mas mantêm o tamanho do limbo normal;
- i) zinco: plantas deficientes em Zn - as folhas novas apresentam clorose internerval, crescimento reduzido e aspecto lanceolado.

## REFERÊNCIAS

- ALVA, A.K. et al. Potassium management for optimizing citrus production and quality. *International Journal of Fruit Science*, Binghamton, v.6, n.1, p.3-43, 2006.
- AULER, P.A.M. et al. Calagem e desenvolvimento radicular, nutrição e produção de laranja 'Valência' sobre porta enxertos e sistemas de preparo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, n.3, p.254-261, mar. 2011.
- BOARETTO, A. et al. É móvel ou imóvel o boro em laranjeiras? *Laranja*, Cordeirópolis, v.25, n.1, p.195-208, 2004.
- BOARETTO, A. et al. Foliar micronutrient application effects on citrus fruit yield, soil and leaf concentrations and  $^{65}\text{Zn}$  mobilization within the plant. *Acta Horticulturae*, v.594, p.203-209, 2002. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants.
- BOARETTO, R.M. et al. Absorption and mobility of boron in young citrus plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.39, n.17/18, p.2501-2514, 2008.
- BOARETTO, R.M. et al. Absorption of  $^{15}\text{NH}_3$  volatilized from urea by Citrus trees. *Plant and Soil*, v.365, n.1/2, p.283-290, 2013.
- BOARETTO, R. M. et al. Boron uptake and distribution in field grown citrus trees. *Journal of Plant Nutrition*, v.34, n.6, p.839-849, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 5, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura, conforme anexos a esta Instrução Normativa. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 1 mar. 2007. Seção 1, p.10.
- CANTARELLA, H. et al. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, v.67, p.215-223, 2003.
- MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D. de et al. (Ed.). *Citros*. Campinas: IAC: FUNDAG, 2005. p.197-219.
- MATTOS JUNIOR, D.; GRAETZ, D.A.; ALVA, A. K. Biomass distribution and nitrogen-15 partitioning in citrus trees on a sandy Entisol. *Soil Science Society American Journal*, v.67, n.2, p.555-563, 2003.
- MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo. In: MATTOS JUNIOR, D. de ; DE NEGRINI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O. de. *Lima ácida 'Tahiti'*. Campinas: IAC, 2003. p.67-80.
- MATTOS JUNIOR, D. et al. Response of young citrus trees on selected rootstocks to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, v.29, n.8, p.1371-1385, 2006.
- MATTOS JUNIOR, D. et al. Superfícies de resposta do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.1, p.164-167, abr. 2004.
- QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a basis for citrus fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.52, n.1, p.67-74, Sept. 1998.
- QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M. Citros. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Org.). *Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes*. Piracicaba: Internation Plant Nutrition Institute, 2010. v.2, p.373-412. Seminário sobre boas práticas para uso eficiente de fertilizantes, 2009, Piracicaba.
- QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.68, n.3, p.369-375, maio/jun. 2011.
- QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization in tropical soils. *Fruits*, Montpellier, v.61, n.5, p.293- 302, 2006.
- QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D. de et al. (Ed.). *Citros*. Campinas: IAC: FUNDAG, 2005. p.483-517.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; PIZA JUNIOR, C.T. Frutíferas. In: *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2. ed. rev. e atual. Campinas: IAC: FUNDAG, 1997. p.121-153.
- QUAGGIO, J.A. et al. Dinâmica de íons no solo e ganhos de eficiência fertilizante devido a irrigação e fertirrigação na citricultura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICRORIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. *Anais...* A busca das raízes. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82). Fertbio 2006.
- QUAGGIO, J.A. et al. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.5, p.627-634, maio 2003.
- QUAGGIO, J. A. et al. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. *Scientia Horticulturae*, v.96, n.1/4, p.151-162, Dec. 2002.
- QUAGGIO, J.A. et al. Nitrogen-fertilizer forms affect the nitrogen-use efficiency in fertigated citrus groves. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.177, n.3, p.404-411, June 2014.
- QUAGGIO, J.A. et al. Sweet orange trees grafted on selected rootstocks fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.1, p.55-60, jan. 2004.
- RAIJ, B. van et al. (Ed.) *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001. 285p.
- SILVA, M. A. C. da et al. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranjeira Pêra em produção. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.29, n.3, p.606-612, 2007.
- SOUZA, T.R. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.47, n.6, p.846-854, jun. 2012.
- ZAMBROSI, F.C.B. et al. Contribution of phosphorus ( $^{32}\text{P}$ ) absorption and remobilization for citrus growth. *Plant and Soil*, v.355, n.1/2, p.353-362, June 2012a.
- ZAMBROSI, F.C.B. et al. Eficiência de absorção e utilização de fósforo em porta-enxertos cítricos. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.36, n.2, p.485-496, abr. 2012b.
- ZAMBROSI, F.C.B. et al. Phosphorus uptake by young citrus trees in low-P soil depends on rootstock varieties and nutrient management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.44, n.14, p.2107-2117, Aug. 2013.