

4. Citros

Dirceu de Matos Jr.¹
José Antônio Quaggio²
Heitor Cantarella²

4.1. Introdução

Os citros compreendem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros afins (*Fortunella* e *Poncirus*) ou híbridos da família Rutaceae, representado na maioria por laranjas, tangerinas, limões, limas (ácidas e doces), pomelos, cidras e toranjas. São originários, principalmente, das Regiões Subtropicais e Tropicais da China ao Japão, do Sudeste da Ásia, incluindo áreas do Leste da Índia, Bangladesh, Filipinas, Indonésia, Austrália e África (Webber, 1967).

Essas plantas perenes apresentam características mesofítica (gemas quase desnudas, folhas largas, pouco espessas, com estômatos superficiais, ausência de pêlos e cutícula fina) e perenifólia (têm folhas o ano todo, desenvolvendo fluxos de crescimento vegetativo na primavera e verão). São cultivadas em várias regiões do mundo, adaptando-se às diferentes condições edafoclimáticas, desde que o manejo da irrigação e nutrição sejam adequados. (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996).

O potencial de produção de frutos dos citros, em pomares comerciais, é determinado, principalmente, pelo valor genético das variedades de copas e porta-enxertos (Pompeu Jr., 1991). O uso da enxertia tornou-se fundamental para a quebra da juvenilidade das plantas, manutenção da resistência/tolerância dos citros a fatores bióticos (ex.: tristeza dos citros) e abióticos (ex.: eficiência de uso da água e de nutrientes), e aumento da produtividade e da qualidade da fruta. Contudo, a produção final está relacionada à densidade de plantio, ao crescimento vegetativo, à eficiência fotossintética, à intensidade de florescimento e fixação e massa dos frutos, e ao manejo de fatores interferentes no pomar (Davies e Albrigo, 1994).

Estudos sobre as necessidades nutricionais dos citros no Brasil foram desenvolvidos a partir da década de 40 (Brieger e Moreira, 1941; Vasconcellos, 1949; Rodriguez e Moreira, 1968; Rodriguez *et al.*, 1977).

¹Instituto Agronômico – Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”, CEP 13490-970, Cordeirópolis-SP, Brasil.

E-mail: ddm@iac.sp.gov.br.

²Instituto Agronômico – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais. CEP 13001-970, Campinas- SP, Brasil.

E-mail: quaggio@iac.sp.gov.br; cantarella@iac.sp.gov.br.

Durante os anos 80, o Instituto Agronômico (IAC) iniciou uma extensa rede de experimentos no campo para calibração dos resultados de análises para os citros. Em 1988, o Grupo Paulista para Adubação e Calagem para os Citros, formado por produtores, técnicos da assistência técnica e extensão e pesquisadores, organizou as primeiras recomendações para manejo nutricional dos citros às condições brasileiras, as quais têm sido periodicamente atualizadas com base em novos dados experimentais (Grupo Paulista, 1994).

4.2. Fisiologia da produção

Os citros, com suas características mesofítica e perenifólia, apresentam bom desenvolvimento às temperaturas de 22 a 33 °C. Acima de 40 °C e abaixo de 13 °C, a taxa de fotossíntese diminui, o que acarreta perdas de produtividade (Syvertsen e Lloyd, 1994). A produtividade é também afetada pela diferença de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera; se elevada inibe a abertura dos estômatos, o que reduz a difusão do CO₂ atmosférico para os sítios de fixação de carbono nos cloroplastos, reduzindo a taxa de fotossíntese (Medina *et al.*, 1999).

Apresentam ciclo de desenvolvimento que pode variar de 6 a 16 meses entre o florescimento e a maturação dos frutos, dependendo da espécie ou variedade e das condições edafoclimáticas do local de cultivo (Reuther, 1977). Esse intervalo define as variedades consideradas como precoces (Hamlin e Westin), meia-estação (Pêra) e tardias (Valêncica, Natal e Folha Murcha).

Entre o florescimento e a maturação dos frutos identificam-se, de acordo com Erickson (1968), as seguintes fases:

- (i) *vegetação* – ocorre durante períodos caracterizados por temperaturas baixas ou déficit hídrico (fim do outono e início do inverno), quando os fluxos de crescimento cessam e ocorre acúmulo de carboidratos pelas plantas.
- (ii) *indução ou diferenciação floral* – com a intensificação do frio e do estresse hídrico, as gemas vegetativas se transformam em gemas reprodutivas.
- (iii) *florescimento* – mais tarde, entre o final do inverno e o início da primavera (quando aumentam a temperatura e a disponibilidade de água no solo) há a abertura das flores; nessa fase a ocorrência de temperaturas muito altas e veranicos prolongados podem causar sérios prejuízos à fixação de flores e frutos jovens.
- (iv) *frutificação* – a produção final de frutos é resultado da fixação de apenas 1 a 3% das flores produzidas pelos citros; logo, após o pegamento dos frutos ocorrem divisão celular e expansão celular, que são eventos que definem o potencial de crescimento dos frutos ao final da maturação.

4.3. Solos

Os citros mostram boa adaptabilidade às condições edáficas distintas, mantendo níveis elevados de produtividade, desde que se adote o manejo adequado do solo e o uso de variedades de alto valor genético. Nos solos menos férteis (pouco profundos, de textura muito argilosa ou arenosa, alcalinos, ácidos e salinos) o plantio dos citros deve ser planejado com base na avaliação da capacidade de uso da terra para manutenção da sustentabilidade da produtividade. Assim, a sistematização do terreno (construção de terraços, plantio em nível, construção de canais de drenagem, plantio em camalhões etc.), a implantação de sistemas de irrigação e o manejo da fertilidade do solo (calagem e adubação) compõem estratégias para otimização da citricultura.

4.4. Nutrição mineral

O crescimento dos citros e a produção de frutos é resultante da assimilação de CO₂ (que depende de luz, temperatura, água, nutrientes, área foliar etc.) e da partição do C, fixado para formação e manutenção dos seus vários órgãos. A ausência ou deficiência dos nutrientes minerais, absorvidos, principalmente pelas raízes resulta em injúria, desenvolvimento anormal ou morte da planta, embora esses representem apenas cerca de 5% da matéria seca da biomassa das plantas. Assim, o desenvolvimento adequado e, consequentemente, a alta produtividade dos citros depende da diagnose correta da disponibilidade dos nutrientes no solo e do fornecimento em quantidades suficientes e nos períodos de maior demanda.

4.4.1. Análise do solo

Os métodos empregados para a análise química de solo no Estado de São Paulo são aqueles referentes ao Sistema IAC de Análise de Solo (Raij et al., 2001). O principal diferencial do Sistema IAC é a extração do fósforo (P) com a resina trocadora de íons, que foi ajustada às características dos solos brasileiros para melhor avaliar a disponibilidade desse elemento nos pomares.

A amostragem de solo para os citros é feita em glebas ou talhões homogêneos (até 10 ha) quanto à cor e textura do solo, posição no relevo e manejo do pomar, idade das árvores, combinações de copa e porta-enxerto e produtividade. As amostras de solo devem ser coletadas na faixa de adubação, nas profundidades de 0-20 cm, com o intuito de recomendar a adubação e calagem, e >20 cm, com o objetivo de diagnosticar barreiras químicas ao desenvolvimento das raízes, ou seja, deficiências de cálcio (Ca) com ou sem excesso de Al. Recomenda-se a coleta de pelo menos 20 subamostras que irão compor a amostra representativa do talhão a ser encaminhada para o laboratório. A época mais apropriada para coleta é de fevereiro a abril, garantindo-se um intervalo mínimo de 60 dias após a última adubação. Para garantir maior eficiência e representatividade da amostragem, a coleta das subamostras deve ser feita com trados do tipo holandês, sonda ou similares.

Os padrões de fertilidade do solo com base na amostragem da camada de 0-20 cm foram obtidos com curvas de calibração das análises de macro (Tabela 4.1) e micronutrientes (Tabela 4.2), nos solos específicos para citros, (Quaggio *et al.*, 1992a, b, 1997, 1998, 2003).

Tabela 4.1. Padrões de fertilidade para a interpretação de resultados de análise de solo para citros.

Classes de teores	P-resina mg dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Mg -----	Saturação por bases %
Muito baixo	<6	<0,8	-	<26
Baixo	6-12	0,8-1,5	<4	26-50
Médio	13-30	1,6-3,0	4-8	51-70
Alto	>30	>3,0	>8	>70

Fonte: Quaggio *et al.*, 2003.

Tabela 4.2. Interpretação ⁽¹⁾ de resultados de análises de solo para enxofre e micronutrientes.

Classes de teores	S-SO ₄ ⁻²	B mg dm ⁻³	Cu -----	Mn -----	Zn -----
Baixo	<10	<0,6	<2	<3,0	<2,0
Médio	10-20	0,6-1,0	2-5	3,0-6,0	2,0-5,0
Alto	>20	>1,0	>5	>6,0	>5,0

Dados adaptados de: Quaggio *et al.*, 2003 e observações de campo.

4.4.2. Análise foliar

Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio diminuem com a idade da folha, enquanto que os teores de Ca, por exemplo, aumentam nas folhas mais maduras (Smith, 1966). Embora diversos trabalhos reportem a influência dos porta-enxertos sobre as concentrações foliares de nutrientes para os citros (Hiroce e Figueiredo, 1981; Wutscher, 1989), não se dispõe de informações precisas para interpretar os resultados de análises, de forma diferenciada para combinações específicas de copas e porta-enxertos.

As folhas coletadas para análise devem apresentar a mesma idade e provenientes de plantas cultivadas em condições semelhantes. A amostragem é feita coletando-se a terceira ou a quarta folha a partir do fruto, geradas na primavera, com

aproximadamente seis meses, normalmente de fevereiro e março, em ramos com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro (Trani *et al.*, 1983). Recomenda-se amostrar pelo menos 25 árvores em áreas de no máximo 10 ha e coletar quatro folhas não danificadas por árvore, uma em cada quadrante e na altura mediana, no mínimo 30 dias após a última pulverização.

As faixas de interpretação dos resultados da análise de folhas foram, inicialmente estabelecidas com base em estudos realizados, principalmente nos Estados Unidos (Chapman, 1960; Smith, 1966; Embleton *et al.*, 1973a) e depois adaptadas para as condições brasileiras com base em experimentos de campo (Grupo Paulista, 1994; Quaggio *et al.*, 1997). A interpretação do resultado da análise foliar é feita, comparando-se os resultados do laboratório com os padrões apresentados na Tabela 4.3. O programa de adubação do pomar deve ser ajustado de modo que o teor foliar esteja na faixa adequada.

Tabela 4.3. Faixas para interpretação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas de citros geradas na primavera, com seis meses de idade, em ramos com frutos.

Nutriente	Baixo	Adequado	Excessivo
Macronutriente	g kg^{-1}		
N ⁽¹⁾	<23	23-27	>30
P	<1,2	1,2-1,6	>2
K	<10	10-15	>20
Ca	<35	35-45	>50
Mg	<3,0	3,0-4,0	>5
S	<2,0	2,0-3,0	>5
Micronutriente	mg kg^{-1}		
B	<50	50-100	>150
Cu ⁽²⁾	<4,0	4,1-10,0	>15
Fe	<49	50-120	>200
Mn	<34	35-50	>100
Zn	<34	35-50	>100
Mo	<0,09	0,1-1,0	>2

⁽¹⁾ Para limões e lima ácida Tahiti, as faixas de interpretação do teor de N foliar (mg kg^{-1}) são: <18 (= baixo), 18-22 (= adequado) e > 22 (excessivo).

⁽²⁾ Para variedade de laranja Westin, os teores adequados de Cu sugeridos são 10-20 mg kg^{-1} .

Fonte: Quaggio *et al.*, 1997; Grupo Paulista, 1994.

4.4.3. Calagem

Para culturas perenes, como os citros, é importante fazer a correção da acidez antes da implantação do pomar, com a incorporação mais profunda possível do calcário. A necessidade de calcário é calculada para elevar a saturação por bases (V) a 70% na camada superficial do solo (0-20 cm de profundidade) (Quaggio *et al.* 1992a). Esse valor corresponde a pH 5,5, determinado em solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹. Recomenda-se, também, o manejo da calagem para elevar e manter os níveis de magnésio (Mg) no solo em pelo menos 4 ou o ideal 8 mmol_c dm⁻³ (Quaggio *et al.*, 1992b).

Na implantação do pomar, recomenda-se a aplicação de uma quantidade adicional de calcário (250 g m⁻¹ de sulco) no sulco, onde serão colocadas as mudas, juntamente com o P, para estimular o crescimento do sistema radicular.

4.4.4. Adubação

As recomendações da adubação N, P e K para os citros são distintas para: (i) plantio, (ii) formação – árvores jovens <5 anos e (iii) produção – árvores adultas. Nesse último caso distinguem-se as doses de fertilizantes para os grupos de variedades de laranjas, lima ácida e limões, e tangerinas e tangor (Grupo Paulista 1994; Quaggio *et al.*, 1997). Para as laranjas, as recomendações de adubação consideram a qualidade e o destino da fruta (indústria ou mercado *in natura*).

No plantio do pomar, recomenda-se a aplicação de P nos sulcos, em doses que variam de 20 a 80 g P₂O₅ m⁻¹ linear, juntamente com o calcário (Tabela 4.4). Essa é a ocasião oportuna para a incorporação mais profunda de P, especialmente nos solos tropicais deficientes desse elemento. Micronutrientes, também, podem ser aplicados em função dos resultados da análise de solo, garantindo-se boa distribuição, evitando prejuízos causados pela concentração do fertilizante na região de crescimento inicial das raízes.

Após o plantio, as doses de N, P₂O₅ e K₂O recomendadas levam em conta a idade do pomar e os resultados da análise de solo de P e K, para atender às necessidades de crescimento da copa e o início de produção de frutos (Tabela 4.5).

Nessa fase de formação dos frutos, a resposta da laranja doce à adubação com P é maior para copas enxertadas em tangerina Cleópatra [*Citrus reshni* (Hayata) hort. ex Tanaka] em comparação ao limão-cravo (*C. limonia* Osb.) e ao citrumelo Swingle [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. × *C. × paradisi* Macf.] (Mattos Jr., 2000). A calibração do teor de P no solo parece distinta daquela na fase de produção de frutos. O nível crítico para as árvores jovens é superior aos 20 mg dm⁻³ reportado para árvores adultas. Isso se deve, ao fato de que nos primeiros anos após o plantio dos citros, o sistema radicular das árvores é limitado a um volume menor de solo e ao fato de que a absorção de P ocorre, principalmente, por difusão

desse elemento. O mesmo trabalho indica que nessa 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 em conta o porta-enxerto escolhido.

Tabela 4.4. Doses de fósforo e zinco recomendadas no plantio de citros, de acordo com a análise do solo⁽¹⁾.

Nutriente	Nível no solo (mg dm ⁻³) ⁽²⁾	Quantidade g m ⁻¹ linear de sulco
<u>P-resina</u>		
P	0-5	80
	6-12	60
	13-30	40
	>30	20
<u>DTPA</u>		
Zn	<1	1
	>1	0

⁽¹⁾ Aplicar os fertilizantes em sulcos profundos, de acordo com a análise do solo.

⁽²⁾ Utilizar, preferencialmente, superfosfato simples.

Fonte: Quaggio *et al.*, 1997; Grupo Paulista, 1994.

Tabela 4.5. Recomendação de adubação N, P e K para citros em formação, por idade e em função da análise do solo.

Idade	N	P-resina (mg dm ⁻³)				K-trocável (mmol _c dm ⁻³)			
		0-5	6-12	13-30	>30	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
Anos	g planta ⁻¹	----- P ₂ O ₅ (g planta ⁻¹) -----				----- K ₂ O (g planta ⁻¹) -----			
0-1	100	0	0	0	0	40	20	0	0
1-2	220	160	100	50	0	120	90	50	0
2-3	300	200	140	70	0	200	150	100	60
3-4	400	300	210	100	0	400	300	200	100
4-5	500	400	280	140	0	500	400	300	150

Nota: Para tangerina Cleópatra aumentar a dose de P₂O₅ em 20%; para citrumelo Swingle aumentar a dose de K₂O em 10%.

Fonte: Quaggio *et al.*, 1997; Grupo Paulista, 1994.

A produção de frutos dos citros é largamente influenciada pelo suprimento de nitrogênio (N) (Alva e Paramasivam, 1998) pelo fato desse nutriente regular taxa fotossintética e síntese de carboidratos (Kato, 1996), peso específico das folhas (Syvertsen e Smith, 1984), produção de biomassa total e alocação de carbono em diferentes órgãos na planta (Lea-Cox *et al.*, 2001).

A análise do solo não fornece parâmetros para a adubação nitrogenada dos citros, pois ainda não se dispõe de métodos adequados para avaliação da disponibilidade de N no solo, além das dificuldades para a conservação de amostras para análise de rotina (Mattos Jr. *et al.*, 1995a). No entanto, o teor de N foliar tem se mostrado um bom indicador para ajustar as doses de N, definidas conforme a produção pendente de frutos (Figura 4.1). A resposta N para a produção de laranjas (Quaggio *et al.*, 1998), tangerinas e tangor Murcott (Mattos Jr. *et al.*, 2004) é praticamente inexistente para teor foliar acima de 28 g N kg⁻¹. No caso de limões e lima ácida, o teor adequado de N nas folhas é menor e situa-se ao redor de 22 g N kg⁻¹ (Quaggio *et al.*, 2002; Mattos Jr. *et al.*, 2003a).

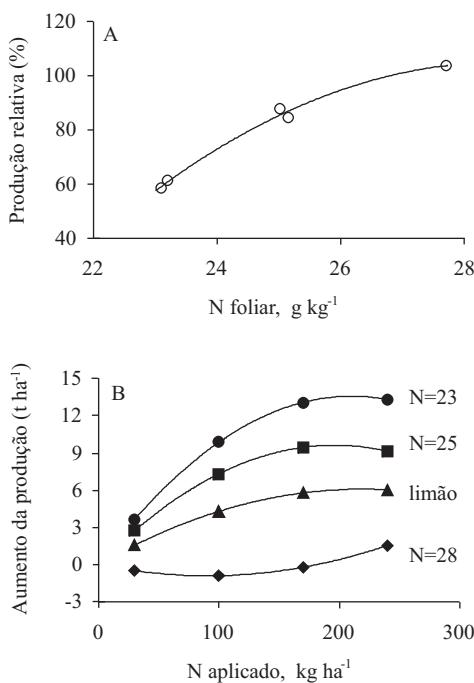


Fig. 4.1. Superfície de resposta da produção de frutos em função dos teores foliares de N dos citros (a) e resposta esperada à adubação nitrogenada de acordo com a concentração de N foliar para os citros (b).

Os citros armazenam uma grande quantidade de N na biomassa, que pode ser redistribuído, principalmente para órgãos em desenvolvimento como folhas e frutos (Mattos Jr. *et al.*, 2003b). 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, 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 interferem no tamanho e qualidade dos frutos (Embleton *et al.*, 1973b). Por exemplo, altas doses de N tendem a aumentar o número de frutos na planta em detrimento do tamanho dos mesmos, o que pode ser uma desvantagem para a comercialização de frutos *in natura*. A adubação com K, também, afeta o tamanho do fruto, contudo o excesso pode determinar perdas de produção dos citros, em virtude do desbalanço nutricional, marcado pelo decréscimo acentuado dos teores foliares de Ca e Mg (Mattos Jr. *et al.*, 2004). Altas doses de K provocam um aumento do tamanho do fruto e da 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. O teor alto de K, disponível no solo, é frequente em pomares cuja adubação é realizada com formulações tradicionais na citricultura, desconsiderando-se os resultados da análise de solo (Quaggio, 1996).

O manejo adequado 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 o uso de grades, os fertilizantes são aplicados na superfície do solo, às vezes sobre resíduos de plantas. Nessas condições, a uréia, a fonte de N mais comum no mercado, está sujeita a perdas por volatilização de amônia (NH_3) se não houver incorporação (mecânica ou com água de irrigação/precipitação) do fertilizante ao solo. Avaliações em pomares comerciais têm mostrado que às perdas por volatilização de NH_3 podem variar de 15 a 45% do N aplicado à superfície do solo como uréia (Cantarella *et al.*, 2003; Mattos Jr. *et al.*, 2003c). O preço do N na forma de uréia, cerca de 20 a 30% menor, comparado ao do nitrato de amônio, pode compensar as perdas prováveis de volatilização de NH_3 no campo. Também, como a taxa de perda aumenta com a dose aplicada de uréia, o uso de doses menores parceladas várias vezes ao ano, pode ser uma alternativa para aumentar a eficiência de uso do fertilizante pelos citros.

Trabalhos realizados no Brasil permitiram, pela primeira vez, fazer a calibração da análise de solo para P e K em citros, baseados na extração com resina trocadora de íons (Figuras 4.2 e 4.3) (Quaggio *et al.*, 1996a, 1998). Os limites das faixas de interpretação de teores (muito baixo, baixo, médio etc.) para o K são semelhantes aos usados para as culturas anuais, mas para o P, o nível crítico para culturas perenes

é mais baixo (20 mg dm^{-3}). Dados experimentais têm mostrado que a análise do solo é importante para prever a resposta das plantas cítricas à adubação com P e K. Existe uma correlação bastante estreita entre os níveis de P no solo e a produção relativa de frutos de árvores adultas. A resposta da produção de frutos à adubação com K é, também, bastante significativa. O incremento da produção é maior para valores muito baixos e baixos de K no solo definidos de acordo com os padrões de fertilidade do solo.

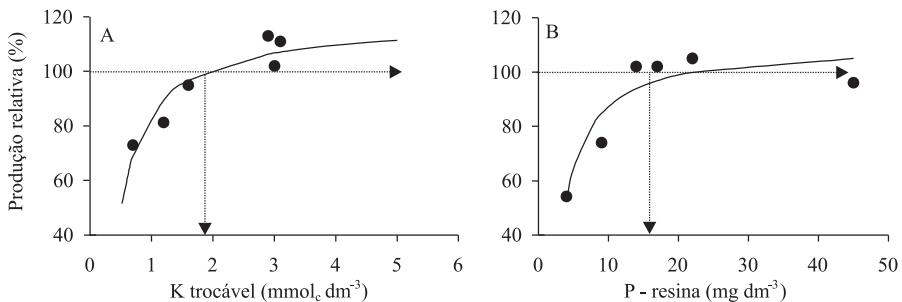


Fig. 4.2. Curva de calibração para produção relativa dos citros em função dos teores de potássio trocável (a) e P-resina (b) no solo.

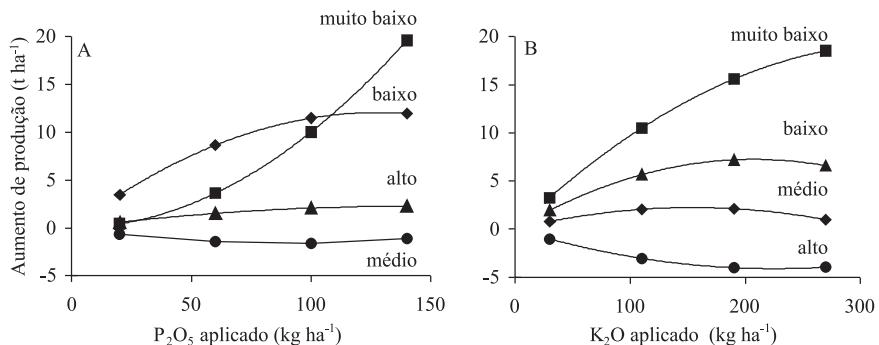


Fig. 4.3. Aumento da produção de frutos de acordo com classes de (a) P-resina ou (b) K trocável determinados no solo, em função das doses anuais de fertilizantes aplicadas na cultura dos citros.

Para os pomares em produção, considera-se também, a produtividade esperada como critério de ajuste das doses de fertilizantes aplicadas, uma vez que plantas mais produtivas extraem quantidades maiores de nutrientes para produção de frutos e crescimento de folhas, ramos e raízes. Em média, os frutos cítricos colhidos

exportam, kg t⁻¹: N e K (1,2 a 1,9), cujas quantidades são bastante superiores a P (0,18), Ca (0,52), Mg (0,10), S (0,10), B ($1,9 \times 10^{-3}$), Cu ($0,6 \times 10^{-3}$), Fe ($3,4 \times 10^{-3}$), Mn ($1,9 \times 10^{-3}$) e Zn ($1,7 \times 10^{-3}$) (Bataglia *et al.*, 1977; Paramasivam *et al.*, 2000; Mattos Jr. *et al.*, 2003d). Considerando o conteúdo de nutrientes na planta toda, o Ca aparece em grandes quantidades nos tecidos maduros e lenhosos como folhas velhas, ramos e raízes, enquanto que o N aparece nas folhas novas e radicelas. As quantidades de macro e micronutrientes, na várias partes das plantas são mostradas na Tabela 4.6.

A adubação com P em citros vinha sendo negligenciada no Brasil em função de dados obtidos em outros países, que sugeriam que essa cultura era pouco respondativa a esse elemento. Essa informação não levava em conta que em muitas regiões produtoras de clima temperado, os citros são cultivados em solos desenvolvidos a partir de sedimentos ricos em P (Jackson *et al.*, 1995) e que os solos do Brasil são, em geral, deficientes desse nutriente (Quaggio, 1996).

Para as aplicações de adubo na superfície, devem-se utilizar fontes de P solúveis em água. Além disso, em decorrência da baixa mobilidade do P nos solos, é recomendável fazer a incorporação do adubo, juntamente com o calcário, uma vez por ano, especialmente nos solos, nos quais a deficiência de P pode ser limitante.

Tabela 4.6. Conteúdos de nutrientes de pomar de laranjeiras Hamlin sobre citrumelo Swingle, com 6 anos de idade, plantado em Neossolo, na densidade de 286 plantas ha⁻¹.

Nutriente	Partes da planta					Total
	Folhas	Ramos	Tronco	Frutos	Raízes	
Macronutriente ----- kg ha ⁻¹ -----						
N	17,2	11,8	2,0	18,0	17,5	66,5
K	8,7	6,9	1,4	23,2	11,8	52,0
P	1,4	2,1	0,3	2,8	1,7	8,3
Ca	27,9	25,9	2,4	8,7	13,5	78,4
Mg	1,8	2,1	0,2	1,7	2,9	8,7
S	1,8	1,2	0,2	1,3	2,3	6,8
Micronutriente ----- g ha ⁻¹ -----						
B	49	30	5	41	40	165
Cu	11	12	3	11	91	128
Fe	65	66	32	61	456	680
Mn	13	5	1	7	184	210
Zn	13	25	13	13	333	397

Fonte: Mattos Jr. *et al.*, 2003d.

Com base nesse conjunto de informações, foram estabelecidas recomendações da adubação com N, P e K para os pomares em produção, com doses calculadas para a máxima produção econômica, para os grupos de variedades de laranjas, considerando a qualidade e o destino da fruta (indústria - Tabela 4.7, ou mercado in natura - Tabela 4.8). A adubação é 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 se estende até o início do outono, quando deve haver boa reserva e equilíbrio na biomassa das plantas para garantir os processos normais de floração e pegamento dos frutos (Bustan e Goldschmidt, 1998). O parcelamento das doses de N e K em 3 ou 4 aplicações durante o ano, aumenta a eficiência da adubação, por evitar 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). É comum a aplicação de 30 a 40% do N e K na época do florescimento e o restante até o final do verão e início do outono. Quando os teores foliares de N e K das plantas forem superiores aos níveis considerados excessivos, recomenda-se reduzir a dose ou suprimir o último parcelamento do fertilizante aplicado no ano. O P pode ser aplicado em dose única no início da estação chuvosa.

Boro (B), manganês (Mn) e zinco (Zn) são os micronutrientes mais importantes para a produção dos citros, cujos sintomas visuais de deficiência, também são mais freqüentes (Quaggio e Pizza Jr., 2001). Os sintomas visuais de Zn podem ser vistos na Figura 4.4. Em países onde se cultiva citros em solos desenvolvidos sob substrato calcário, tais como Espanha, Itália e Marrocos, a deficiência de ferro (Fe) torna-se limitante à produção. Os sintomas de deficiência de P, K e Mg podem ser observados nas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3

A deficiência de Zn é generalizada nos pomares brasileiros, principalmente na variedade Pêra, mais sensível ao vírus da tristeza, o qual prejudica o transporte do Zn na planta (Moreira, 1960). Plantas cítricas com carência de Zn brotam pouco e ficam com enfolhamento velho e pouco vigoroso, com redução do crescimento da copa e da produção. Os porta-enxertos como tangerina Cleópatra e Sunki são mais exigentes em Zn e, portanto, necessitam de aplicações complementares desse nutriente em relação ao limão-cravo. A deficiência de Mn também é comum em pomares cítricos, porém somente quando ela é severa, reduz a produtividade das plantas. Os sintomas são mais freqüentes para a cultivar Pêra, principalmente em solos com calagem recente ou quando ocorre veranico durante o verão.

A deficiência de B vem se tornando mais freqüente na citricultura, em função da 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 (Brown e Shelp, 1997). O sintoma de deficiência de

Tabela 4.7. Recomendação de adubação para laranja (indústria), em função das análises de solo e folhas, e classes de produção, em kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O. As doses foram calculadas para a máxima produção econômica.

Rendimento mt/ha	N nas folhas (g kg ⁻¹)			P-resina (mg dm ⁻³)			K-trocável (cmol _c dm ⁻³)				
	<23	23-27	>27	<6	6-12	13-30	>30	<0,8	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
N	-----	N (kg ha)	-----	P ₂ O ₅ (kg ha)	-----	-----	K ₂ O (kg ha)	-----	-----	-----	-----
<15	100	70	60	60	40	20	0	60	40	20	0
16-20	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	0
41-50	220	200	160	140	120	100	0	180	140	100	0
>50	240	220	180	160	140	120	0	200	160	120	0

Adaptada de: Quaggio *et al.*, 1997; Grupo Paulista, 1994.

Tabela 4.8. Recomendação de adubação para laranja (*in natura*), em função das análises de solo e folhas, e classes de produção, em kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O. As doses foram calculadas para a máxima produção econômica.

Rendimento mt/ha	N nas folhas (g kg ⁻¹)			P-resina (mg dm ⁻³)			K-trocável (cmol _c dm ⁻³)				
	<23	23-27	>27	<6	6-12	13-30	>30	<0,8	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
N	-----	N (kg ha)	-----	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	-----	-----	K ₂ O (kg ha ⁻¹)	-----	-----	-----	-----
<15	80	60	40	60	40	20	0	100	80	60	0
16-20	100	80	60	80	60	40	0	140	120	100	60
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	120	0	220	220	180	120

Adapted from: Quaggio *et al.*, 1997; Grupo Paulista, 1994.

B mais encontrado na literatura é a presença de bolsas de goma no albedo e na columela dos frutos, os quais são duros e caem prematuramente, e às vezes, têm sementes mal formadas (Chapman, 1968). Porém, esses sintomas ocorrem em condições severas de deficiência, provocando grandes perdas de produtividade, como reportado para tangerina Ponkan (Quaggio *et al.*, 1996b). Sintomas menos severos têm sido mais freqüentes e, pelo desconhecimento, têm causado grande prejuízo à citricultura brasileira. Eles caracterizam-se por plantas pouco desenvolvidas, que brotam pouco, com folhas miúdas em ramos curtos e oriundos da brotação excessiva de gemais axilares, dando um aspecto de tufo, em virtude da perda de dominância apical. A copa tende a apresentar um aspecto enfezado, sem lançamento expressivo de novos ramos. Tais sintomas são decorrentes do mau funcionamento do sistema radicular e vascular da planta, notadamente do floema e, geralmente, não são corrigidos com aplicação foliar de boro. Por outro lado, a aplicação do nutriente no solo reativa o sistema de condução de seiva para as raízes, que crescem rapidamente e provocam brotações exuberantes na parte aérea, com ramos longos, folhas maiores que as anteriores e com dominância apical. O B é nutriente conhecido por ter faixa estreita entre a deficiência e a toxicidade. Nos citros, a toxidez é mais freqüentemente observada em árvores jovens por causa da aplicação localizada ao redor das plantas. O sintoma visual manifesta-se a partir de clorose das margens, com pontos necróticos e evolui para o centro do limbo foliar, com posterior necrose das regiões cloróticas, causando a queda prematura das folhas sintomáticas.

A adubação foliar tem sido a forma mais utilizada para se aplicar micronutrientes metálicos na citricultura, não somente pela quantidade necessária ser pequena, mas também para se evitar adsorção exagerada de elementos metálicos aos colóides do solo, o que reduz a disponibilidade dos micronutrientes metálicos para as plantas (Camargo, 1991). Entretanto, os micronutrientes têm baixa mobilidade ou são imóveis no floema, como são os casos do Mn, Zn e B (Labanauskas *et al.*, 1964; Embleton *et al.*, 1965; Boaretto *et al.*, 2002, 2004). Isso 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 dos nutrientes.

As fontes mais recomendadas de micronutrientes metálicos são sais formados com íons cloreto, sulfato e nitrato, que têm praticamente a mesma eficiência, em doses equivalentes de nutrientes. Em aplicações foliares, a fonte de B mais recomendada é o ácido bórico, que em virtude da reação ácida, é compatível com a maioria dos defensivos agrícolas. A recomendação geral de adubação foliar para os citros, consiste em preparar caldas desses sais com ácido bórico e uréia a 5 g L⁻¹, como coadjuvante, nas concentrações (em mg L⁻¹): Zn (500 a 1000), Mn (300 a 700), B (200 a 300) e Cu (600 a 1000).

Menores concentrações são recomendadas para a manutenção, enquanto as maiores devem ser empregadas quando sintomas visíveis de deficiência são observados. As caldas mais concentradas devem ser aplicadas durante as horas mais frescas do dia para se evitar queimaduras das folhas e frutos. A recomendação de cobre é mais importante para pomares em formação, pois aqueles em produção são sempre pulverizados com fungicidas à base de cobre, durante o florescimento, o que é suficiente para nutrir a planta com esse micronutriente.

A aplicação de B na citricultura deve ser feita, preferencialmente via solo. Contudo, a adição do nutriente em misturas N-P-K, geralmente traz problemas de segregação, por causa da dificuldade de se obter fonte de boro granulada eficiente; por outro lado, a adição de B em fertilizantes complexos, com os nutrientes no mesmo grão, é vantajosa do ponto de vista agronômico, porém tem custo muito elevado. Uma opção é a aplicação de ácido bórico dissolvido na calda de herbicidas de contato, como o glifosato, que se constitui na forma mais prática e eficiente para se aplicar o boro. Geralmente a aplicação desses herbicidas é feita duas a três ao ano com o volume de calda de 200 L ha⁻¹ de área tratada, com o qual é possível dissolver a dose de 1 kg ha⁻¹ de B, que corresponde a 6 kg ha⁻¹ de ácido bórico.

Quaggio *et al.* (2003) demonstraram a correlação positiva para a aplicação de ácido bórico no solo e a produção de frutos da laranja (Figura 4.4). Neste trabalho, a produtividade máxima de frutos ocorreu com a dose de 4 kg ha⁻¹ de B aplicada no solo na faixa de adubação do pomar, correspondendo ao teor B no solo de 1,0 mg dm⁻³, nas camadas de 0-20 cm. Esse valor é superior aquele usado na interpretação de análises de solo para culturas anuais (Raij *et al.*, 1997). Na dose para máxima produção, o teor foliar de B variou entre 280 a 320 mg kg⁻¹, que é suficiente para provocar toxicidade em mudas cítricas (Mattos Jr. *et al.*, 1995b).

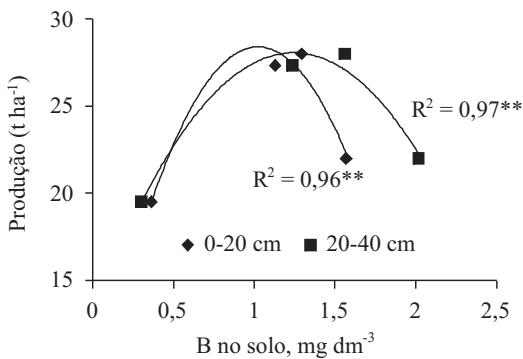


Fig. 4.4. Produção de laranja pêra em função dos teores de boro no solo extraído com água quente.

4.5. Referências

- Alva, A.K., and S. Paramasivam. 1998. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils. *Soil Science Society America Journal* 62:335-1342.
- Bataglia, O.C., O. Rodriguez, R. Hiroce, J.R. Gallo, P.R. Furlani, and A.M.C. Furlani. 1977. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. *Bragantia* 36:215-221.
- Boaretto, A.E., R.M. Boaretto, T. Muraoka, V.F. Nascimento Filho, C.S. Tiritan, and F.A.A. Mourão Filho. 2002. Foliar micronutrient application effects on citrus fruit yield, soil and leaf concentrations and 65Zn mobilization within the plant. *Acta Hort* 594:203-209.
- Boaretto, A.E., R.M. Boaretto, T.L.M. Contin, and T. Muraoka. 2004. É móvel ou imóvel o boro em laranjeiras? *Laranja* 25:195-208.
- Brieger, F.G., and S. Moreira. 1941. Uniformidade da produção numa experiência de adubação de laranja baía. *Bragantia* 1:619-667.
- Brown, P., and B.J. Shelp. 1997. Boron mobility in plants. *Plant Soil* 193:85-101.
- Bustan, A., and E.E. Goldschmidt. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant Cell and Environment* 21:217-224.
- Camargo, O.A. 1991. Reações e interações de micronutrientes no solo. p. 233-272. In: M.E. Ferreira, and M.C.P. Cruz (ed.) *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Potafos/CNPq.
- Cantarella, H., D. Mattos Jr., J.A. Quaggio, and A.T. Rigolin. 2003. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. *Nutr. Cycling Agroecosystems* 67:1-9.
- Chapman, H.D. 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchards – criteria for the diagnosis of nutrient status and guidance of fertilization and soil management. Riverside: Univ. of California. 53p. (Manual 25) 98.
- Chapman, H.D. 1968. The mineral nutrition of citrus. p. 127-289. In: W. Reuther, L.D., Batchelor, and H.J. Webber (ed.) *The citrus industry*. 2, Riverside: Univ. of California.
- Davies, F.S., and G.L. Albrigo. 1994. *Citrus*. Wallingford: CAB International. 254p.
- Embleton, T.W., W.W. Jones, C.K. Labanauskas, and W. Reuther. 1973a. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. p. 183-210. In: *The citrus industry*. Riverside: Univ. of California.
- Embleton, T.W., H.J. Reitz, and W.W. Jones. 1973b. Citrus fertilization. p. 122-182. In: *The citrus industry*. Riverside: Univ. of California.
- Embleton, T.W., E.F. Wallihan, and G.E. Goodall. 1965. Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of foliar applied manganese on California lemons. *Proceeding America Society Horticulture Science* 86:253-259.
- Erickson, L.C. 1968. The general physiology of citrus. In: W. Reuther, L.D., Batchelor, and H.J. Webber (ed.) *The citrus industry*. Riverside: University of

- California 2:86-126.
- FAO. 2006. FAOSTAT. <http://www.fao.org/>.
- Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros. 1994. Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo. 3rd ed. Laranja, 27p.
- Hiroce, R., and J.O. Figueiredo. 1981. Influência de dez porta-enxertos nos teores de nutrientes das folhas e na produção de frutas de laranjeira-barão [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. p. 666-673. In: Congresso brasileiro de fruticultura, 6. Recife, 1981. Anais..., Recife: SBF.
- Jackson, L.K., A.K. Alva, D.P.H. Tucker, and D.V. Calvert. 1995. Factors to consider in developing a nutrition program. p. 3-12. In: D.P.H. Tucker, A.K. Alva, L.K. Jackson, and T.A. Wheaton (ed.) Nutrition of Florida Citrus Trees. Gainesville: University of Florida.
- Kato, T. 1986. Nitrogen metabolism and utilization in citrus. Horticulture Reviews 8:181-216.
- Lea-Cox, J.D., J.P. Syvertsen, and D.A. Graetz. 2001. Springtime 15N uptake, partitioning and leaching losses from young bearing Citrus trees of differing nitrogen status. Journal America Society Horticulture Science 126:42-251.
- Labanauskas, C.K., W.W. Jones, and T.W. Embleton. 1964. Effects of foliar applications of manganese, zinc and urea on yield and fruit quality of Valencia oranges and nutrient concentrations in the leaves, peel and juice. Proceeding America Society Horticulture Science 82:143-153.
- Mattos Jr., D. 2000. Citrus response functions to N, P and K fertilization and N uptake dynamics. Tese (Ph.D. Agricultural and Life Sciences, Soil and Water Science Dept.) – Gainesville: University of Florida.
- Mattos Jr., D., H. Cantarella, and B. van Raij. 1995a. Manuseio e conservação de amostras de solo para preservação do N inorgânico. Revista Brasileira Ciência Solo 19:423-431.
- Mattos Jr., D., J.A. Quaggio, S.A. Carvalho, and M.F. Abreu. 1995b. Substratos para produção de mudas cítricas em recipientes: Caracterização da toxicidade de boro. Laranja 16:255-262.
- Mattos Jr., D., J.A. Quaggio, and H. Cantarella. 2003. Manejo da Fertilidade do solo. p. 67-80. In: D. Mattos Jr., D. de Negri, and J.O. Figueiredo. Lima ácida Thaiti. Campinas: Instituto Agronômico.
- Mattos Jr., D., D.A. Graetz, and A.K. Alva. 2003b. Biomass distribution and 15N-nitrogen partitioning in citrus trees on a sandy Entisol. Soil Science Society America Journal 67:555-563.
- Mattos Jr., D., Alva, A.K., S. Paramasivam, and D.A. Graetz. 2003c. Nitrogen mineralization and volatilization in sandy Entisol under citrus trees. Communication in Soil Science and Plant Analysis 54:1803-1824.
- Mattos Jr., D., J.A. Quaggio, H. Cantarella, and A.K. Alva. 2003. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. Scientia Agrícola 60:155-160.

- Mattos Jr., D., J.A. Quaggio, H. Cantarella, S.A. Carvalho. 2004. Modelos de resposta do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. Revista Brasileira Fruticultura 26:164-167.
- Medina, C.L., E.C. Machado, and M.M.A. Gomes. 1999. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeiras ‘Valênciа’ sob deficiência hídrica. Revista Brasileira Fisiologia Vegetal 11:29-34.
- Moreira, S. 1960. Um novo problema para nossa citricultura. Revista de Agricultura 35:77-82.
- Paramasivam, S., A.K. Alva, K. Hostler, G.W. Easterwood, and J.S. Southwell. 2000. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. Journal Plant Nutrient 32:313-327.
- Pompeu Jr., J. 1991. Porta-enxertos. 265-280. In: O. Rodriguez, F. Viégas, J. Pompeu Jr., and A.A. Amaro. Citricultura brasileira. Campinas: Fundação Cargill.
- Quaggio, J.A., J. Teófilo Sobrinho, and A.R. Dechen. 1992a. Response to liming of ‘Valencia’ orange tree on Rangpur lime: Effects of soil acidity on plant growth and yield. Proceeding Introduction Society Citriculture 2:628-632.
- Quaggio, J.A., J. Teófilo Sobrinho, and A.R. Dechen. 1992b. Magnesium influences on fruit yield and quality of ‘Valencia sweet orange on Rangpur lime. Proceeding Introduction Society Citriculture 2:633-637.
- Quaggio, J.A. 1996. Análise de solo para citros: Métodos e critérios para interpretação. p. 95-114. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS –NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4. Donadio, L.C., Baumgartner, J.G. (coord.). Bebedouro, Campinas Fundação Cargill.
- Quaggio, J.A., V. Rossetti, and C.M. Chagas. 1996. Anormalidades de tangerinas Poncán no Estado de Minas Gerais, provocadas por deficiência de boro. Bragantia, 55:157-162.
- Quaggio, J.A., H. Cantarella, and D. Mattos Jr. 1996a. Soil testing and leaf analysis in Brazil - recent developments. Proceeding Introduction Society Citriculture 2:1269-1275.
- Quaggio, J.A., B. van Raij, and C. Toledo Piza Jr. 1997. Frutíferas. p. 121-153. In: B. van Raij, H. Cantarella, J.A. Quaggio, and A.M.C. Furlani (ed.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2nd ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC.
- Quaggio, J.A., H. Cantarella, B. van Raij. 1998. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a basis for citrus fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems 52:67-74.
- Quaggio, J.A., and C.T. Pizza Jr. 2001. Fruteiras tropicais. In: M.E. Ferreira, M.C.P. Cruz, B. van Raij, and C.A. Abreu (ed.) Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos. p. 459-492.
- Quaggio, J.A., D. Mattos Jr., H. Cantarella, E.L.E. Almeida, and S.A.B. Cardoso. 2002. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. Science Horticulture 96:151-162.

- Quaggio, J.A., D. Mattos Jr., H. Cantarella, and A. Tank Jr. 2003. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. Pesquisa Agropecuária brasileira 38:627-634.
- Raij, B. van, J.C. Andrade, H. Cantarella, and J.A. Quaggio (ed.). 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico.
- Raij, B. van, H. Cantarella, J.A. Quaggio, and A.M.C. Furlani. 1997. Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo. 2nd ed. Campinas: Instituto Agronômico.
- Reuther, W. Citru. 1977. In: P.T. Alvin, and T.T. Kolzowski (ed.) Ecophysiology of tropical crops. New York: Academic Press 409-440.
- Rodriguez, O., and S. Moreira. 1968. Citrus nutrition – 20 years of experimental results in the State of São Paulo, Brazil. Proceeding Introduction Society Citriculture 1:1579-1586.
- Rodriguez, O., S. Moreira, J.R. Gallo, and J. Teófilo Sobrinho. 1977. Nutritional status of citrus trees in São Paulo, Brazil. Proceeding Introduction Society Citriculture 1:9-12.
- Smith, P.F. 1966. Leaf analysis of citrus. p. 208-228. In: N.F. Childers (ed.) Nutrition of fruit crops. New Jersey: Somerset Press.
- Spiegel-Roy, P., and E.E. Goldschmidt. 1996. Biology of citrus. Cambridge: Cambridge University Press.
- Syvertsen, J.P., and J. Lloyd. 1994. CO₂ assimilation of *Citrus* leaves: From mesophyll conductance to gross primary productivity of trees in different climates. Acta Horticulture 416:147-154.