

# BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 36

Campinas, novembro de 1977

N.º 27

## VARIAÇÕES ANUAIS NA PRODUÇÃO DE FRUTOS E CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES EM FOLHAS DE CITROS, RELACIONADAS AO BALANÇO HÍDRICO METEOROLÓGICO E ADUBAÇÃO, NO PERÍODO DE 1957 A 1975 (1)

JOSÉ ROMANO GALLO (2), *Seção de Química Analítica*, ODY RODRIGUEZ (2), *Seção de Citricultura*, ÂNGELO PAES DE CAMARGO, *Seção de Climatologia Agrícola*, e TOSHIO IGUE (2) *Seção de Técnica Experimental e Cálculo, Instituto Agrônomo* (3)

### SINOPSE

São relatadas as variações anuais de produção de frutos e composição de folhas com 6-7 meses de idade, num ensaio fatorial NPK 3<sup>o</sup> de longa duração com laranjeiras-baianinha, clone velho, sobre o porta-enxerto laranjeira-caipira.

Para definir o fator hídrico foram empregados balanços hídricos para períodos bimestrais, sendo os resultados de cada ano correlacionados com os respectivos dados de análise foliar e de produção de laranja.

Foram avaliados os efeitos da adubação na produção e determinadas várias correlações entre a concentração de nutrientes nas folhas e entre estes e a produção.

A ausência de correlação entre os dados dos balanços hídricos meteorológicos (excedentes-deficiências) e a produção, e a fraca correlação entre os balanços hídricos e os teores de nutrientes nas folhas no conjunto dos anos do período estudado, indicaram que, nas condições do experimento, a irrigação suplementar não teria efeito sensível no aumento de produção da laranjeira.

As respostas às adubações sobre a produção podem ser explicadas pelos aumentos dos teores de N, K e Ca das folhas e as correlações positivas verificadas entre esses elementos e a produção.

(1) Trabalho apresentado no IV Congresso Brasileiro de Fruticultura, realizado de 23 a 27 de janeiro de 1977, em Salvador — Bahia. Recebido para publicação em 24 de março de 1977.

(2) Com bolsa de suplementação do C.N.Pq.

(3) Os autores agradecem a colaboração dos Eng.ºs Agr.ºs Aparecido Antônio Caetano e Violeta Nagai; ao Eng.º Agr.º Dr. Rúter Hiroce, as sugestões apresentadas.

## 1 — INTRODUÇÃO

Adubação, idade da planta e disponibilidade de água no solo são alguns dos fatores que afetam a produção, o desenvolvimento do sistema radicular e a absorção de nutrientes pelos citros, dependendo seus efeitos do porta-enxerto e da variedade-enxerto. A laranjeira-baianinha em porta-enxerto de laranjeira-caipira tem-se mostrado mais sensível à seca, e mais resistente em limoeiro-cravo (19).

A importância do clima quanto à sua influência no crescimento dos citros e nas variações de produção, maturação e qualidade dos frutos tem sido indicada por outros autores (12, 15, 17, 18). De acordo com Smith (23), na utilização da diagnose foliar é preciso levar em conta que a composição das folhas está sujeita a variações anuais acentuadas resultantes da interação de fatores climáticos, como a disponibilidade de água no solo, com os fatores edáficos e fisiológicos. Os dados de precipitação pluvial simplesmente não têm sido bom parâmetro para definir a disponibilidade hídrica, razão pela qual neste trabalho procura-se estudar a influência do clima levando-se em conta principalmente o fator balanço hídrico.

Çamargo & outros (4) referem-se às condições de umidade disponível do solo, em termos de resultados do balanço hídrico, considerando os excedentes e as deficiências hídricas estimadas no período, como fator fundamental para a definição das exigências hídricas de uma cultura. Deficiência hídrica mensal superior a 60 mm (4), estimada pelo método do balanço hídrico de Thornthwaite & Ma-

ther (24), é considerada como significando o limite acima do qual tem início a restrição à produtividade dos citros. Recentemente Benavides & Maquin (2), trabalhando com o cafeeiro mostraram que a produção foi afetada tanto pelos excessos quanto pelas deficiências de água no solo.

O presente trabalho tem por objetivo relatar as variações anuais de produção e composição foliar registradas durante quase duas décadas, num ensaio de adubação em laranjeira-baininha. São estudados os efeitos da disponibilidade climática de água nessas variações e de aplicações anuais de fertilizantes efetuadas no período.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de produção e composição das folhas foram obtidos de um experimento de laranjeiras-baianinha, clone velho, enxertadas em laranjeiras-caipira (*Citrus sinensis*, Osbeck), plantado em 1947, a 8 m x 8 m, na Estação Experimental de Limeira, em Cordeirópolis, SP, do Instituto Agrônomo, em latossolo vermelho-escuro, Orto, transição para terra roxa estruturada. O esquema experimental usado foi o fatorial NPK 3<sup>3</sup>, com os níveis 0, 1 e 2, e teve início em 1951. De 1957 em diante, foram empregadas anualmente as doses básicas por planta de 250 g de N, 200 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 g de K<sub>2</sub>O através de nitrato de sódio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A partir de 1970, o nitrato de sódio foi substituído pelo sulfato de amônio. O nitrogênio foi fracionado em três doses iguais com aplicações em fevereiro, agosto e novembro. O fósforo e o

potássio foram aplicados totalmente em agosto. A partir de 1965, os adubos foram distribuídos sobre toda a área útil do terreno de cada parcela, e incorporados ao solo por gradagem. Até então eram aplicados em volta das plantas. O pomar recebeu os tratamentos culturais necessários, porém não houve irrigação artificial. A análise do solo e outros dados sobre o experimento são encontrados em outros trabalhos (9, 21).

O clima na área do experimento é do tipo CWa (11), com menos de 30 mm de chuvas no mês mais seco, temperatura acima de 22°C no mês mais quente e abaixo de 18°C, no mês mais frio. A média anual das chuvas em 40 anos (1934-1974) foi 1379 mm. No período estudado (1957-1974) as precipitações anuais variaram desde 1927 mm, em 1958, até 889 mm, em 1968. Os anos de 1961, 1963, 1968 e 1969 apresentaram baixa pluviosidade.

O balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather — 1955 (125 mm), estimado através das normais climatológicas, mostrou para a Estação Experimental de Limeira: evapotranspiração potencial 917 mm; deficiências hídricas anuais de 30 mm, no período de junho a setembro; e excedentes hídricos de 489 mm, no período de novembro a março. Pela carta de aptidão climática (4), o pomar está na faixa de condições térmicas e hídricas satisfatórias, ocorrendo normalmente uma deficiência hídrica sazonal moderada, favorável à produção. Entretanto, neste trabalho foram estudadas as condições do balanço hídrico registradas, ano por ano, no período considerado.

As produções foram avaliadas em quilogramas e número de frutos

por árvore, em cada parcela. A partir de 1958 e à exceção dos anos 1965 e 1974, as amostras de folhas com 6-7 meses de idade foram colhidas de quatro plantas de cada parcela, geralmente em fevereiro-março de cada ano, dos ramos com frutos produzidos na primavera do ano anterior, utilizando técnica recomendada por Chapman & Brown (5). O material foi preparado e analisado para os elementos N, P, K, Ca e Mg pelos métodos descritos por Lott & outros (13, 14). A partir de 1972, Ca e Mg foram determinados adotando-se métodos de Bataglia & Gallo (1) e a partir de 1973, o N foi determinado pelo auto-analisador II Technicon, segundo Concon & Soltess (6) e Gehrke & outros (10).

A disponibilidade de água no solo foi estimada pelo método do balanço hídrico cronológico segundo Thornthwaite & Mather (24), para 125 mm de capacidade de retenção de água na zona das raízes, a partir dos valores mensais de precipitação e de evapotranspiração potencial (3) nos bimestres: jun-jul, ago-set, out-nov, dez-jan, fev-mar, abr-mai, de cada ano. Preliminarmente, foram comparados os dados dos balanços hídricos anuais, ano por ano, com as respectivas produções. Foram utilizados os dados de deficiências dos anos civis anteriores, e os excedentes hídricos dos anos agrícolas correspondentes.

Os efeitos das adubações na produção foram avaliados pela análise da variância. Nos estudos para definir as relações entre os balanços hídricos bimestrais e os teores de nutrientes nas folhas, bem como entre esses dados e a produção, foi utilizado o método estatístico de análise de regres-

são e correlação múltipla, empregando computação eletrônica nos cálculos realizados.

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos dados de concentração de nutrientes e de produção utilizados no presente estudo e os seus desvios padrões acham-se no quadro 1. Nesse quadro é apresentado, também, o balanço hídrico anual, ano a ano, em 16 anos.

As deficiências e excedentes hídricos mensais registrados, ano por ano, de 1957 a 1975, podem ser avaliados pelos gráficos que aparecem na figura 1.

Pelos dados do quadro 1 verifica-se que os excedentes hídricos variaram de 1012 mm no ano agrícola de 1957/58 a apenas 25 mm no ano agrícola de 1968/69 e as deficiências hídricas, de 285 mm em 1963 a 16 mm em 1970.

Quanto aos nutrientes, houve diminuição dos teores médios de N das folhas entre 1958 e 1962. Nos anos de 1958, 59 e 68 os teores desse elemento foram mais elevados sendo os menores, registrados em 1975. Os teores médios oscilaram entre 2,20 e 2,81% de N.

Os teores de P não apresentaram grandes variações até 1966. O menor valor ocorreu em 1967 (0,086%) e o maior em 1971 (0,158%).

Os teores de K apresentaram uma tendência decrescente de 1961 a 1967, ocorrendo o maior valor (1,74%) e o menor (0,82%) nesse período.

As variações anuais dos teores de Ca a partir de 1964 foram semelhantes às de P, o menor valor foi registrado em 1966 (2,37%) e o maior em 1971 (4,76%).

As variações anuais dos teores de Mg no período estudado foram semelhantes às de Ca. O menor valor (0,19%) foi encontrado em 1958 e o maior (0,37%) em 1964.

As produções relativas aos anos de 1959, 1962, 1963 e 1971 estiveram acima do rendimento normal admitido para laranja, isto é, de 120 a 160 kg de frutas por planta (22). Nos anos 1964, 1966 e 1967 as produções foram normais, sendo abaixo da normal nos demais anos. As produções médias em 1960 e 1969 foram muito baixas. Este fato porém, parece não estar relacionado com as flutuações na composição das folhas. Ainda em relação à produção observa-se que houve uma variação casual muito maior no ano de 1969 do que em 1966, embora o desvio-padrão daquele ano tenha sido muito menor.

Os anos de 1962 e de 1964, que se seguiram aos anos mais secos do período, não tiveram suas produções restringidas em peso, mas o florescimento tardio induziu à produção de frutos de qualidade inferior. O ano de boa produção de 1962 foi sucedido por dois de baixa produção.

Dentre os cinco anos de maior produção (acima de 150 kg/planta), três deles (1959, 1963 e 1971) se seguiram a anos quase sem deficiências hídricas. Mas dois deles (1962 e 1964) sucederam aos anos que apresentaram deficiências muito elevadas, as maiores registradas no período, respectivamente de 234 e 285 mm.

QUADRO 1. — Balanço hídrico anual, teores médios dos elementos nas folhas e produções médias, peso e número de frutos de laranjeira-baianinha, anuais, no período de 1957 a 1975 para 27 tratamentos e seus desvios padrões

Ano	Balanço hídrico anual <sup>(1)</sup>		N	P	K	Ca	Mg	Produção	
	Excedente	Deficiência						kg/planta	n.º/planta
	mm	mm	%	%	%	%	%		
1958 ....	1012	5	2,81 0,18 <sup>(2)</sup>	0,114 0,000	1,59 0,27	4,05 0,44	0,19 0,03	109,5 22,9	681 151
1959 ....	605	23	2,71 0,18	0,100 0,010	1,32 0,16	4,73 0,58	0,23 0,04	160,1 22,6	1113 186
1960 ....	465	122	2,39 0,27	0,111 0,017	1,36 0,37	3,85 0,43	0,33 0,06	39,7 13,8	188 78
1961 ....	567	78	2,29 0,14	0,113 0,017	1,74 0,42	3,02 0,48	0,31 0,06	89,1 32,3	485 189
1962 ....	446	234	2,26 0,35	0,111 0,010	1,54 0,39	3,47 0,41	0,26 0,04	171,8 52,8	1266 490
1963 ....	376	51	2,45 0,25	0,108 0,010	1,48 0,45	4,72 0,58	0,28 0,06	170,2 32,8	1296 278
1964 ....	96	285	2,46 0,29	0,113 0,017	1,38 0,46	4,53 0,45	0,37 0,04	152,7 32,7	1093 322
1966 ....	512	68	2,49 0,22	0,103 0,010	1,00 0,46	2,37 0,40	0,26 0,08	133,6 67,7	920 510
1967 ....	656	65	2,48 0,20	0,086 0,000	0,82 0,34	2,66 0,48	0,26 0,09	144,8 43,8	1158 366
1968 ....	338	119	2,75 0,32	0,119 0,014	1,27 0,50	3,63 0,50	0,29 0,06	118,6 38,5	892 370
1969 ....	25	140	2,64 0,38	0,107 0,020	1,33 0,48	3,86 0,50	0,28 0,07	12,2 9,6	78 60
1970 ....	873	161	2,63 0,39	0,126 0,020	1,17 0,44	4,17 0,44	0,32 0,07	102,3 42,5	646 279
1971 ....	454	16	2,40 0,34	0,158 0,024	1,27 0,58	4,76 0,55	0,34 0,07	191,2 66,6	1437 517
1972 ....	404	32	2,48 0,26	0,106 0,024	1,08 0,50	4,52 0,56	0,26 0,10	109,1 57,0	812 432
1973 ....	355	40	2,47 0,25	0,108 0,010	1,26 0,52	4,67 0,54	0,22 0,07	86,7 54,9	545 328
1975 ....	550	92	2,20 0,28	0,104 0,014	1,19 0,54	4,39 0,53	0,28 0,07	103,4 45,4	956 462

(1) Os dados das deficiências se referem ao ano civil anterior e os dos excedentes ao ano agrícola correspondente.

(2) Os valores apresentados nas segundas linhas, de cada ano, em negrito, correspondem aos desvios padrões.

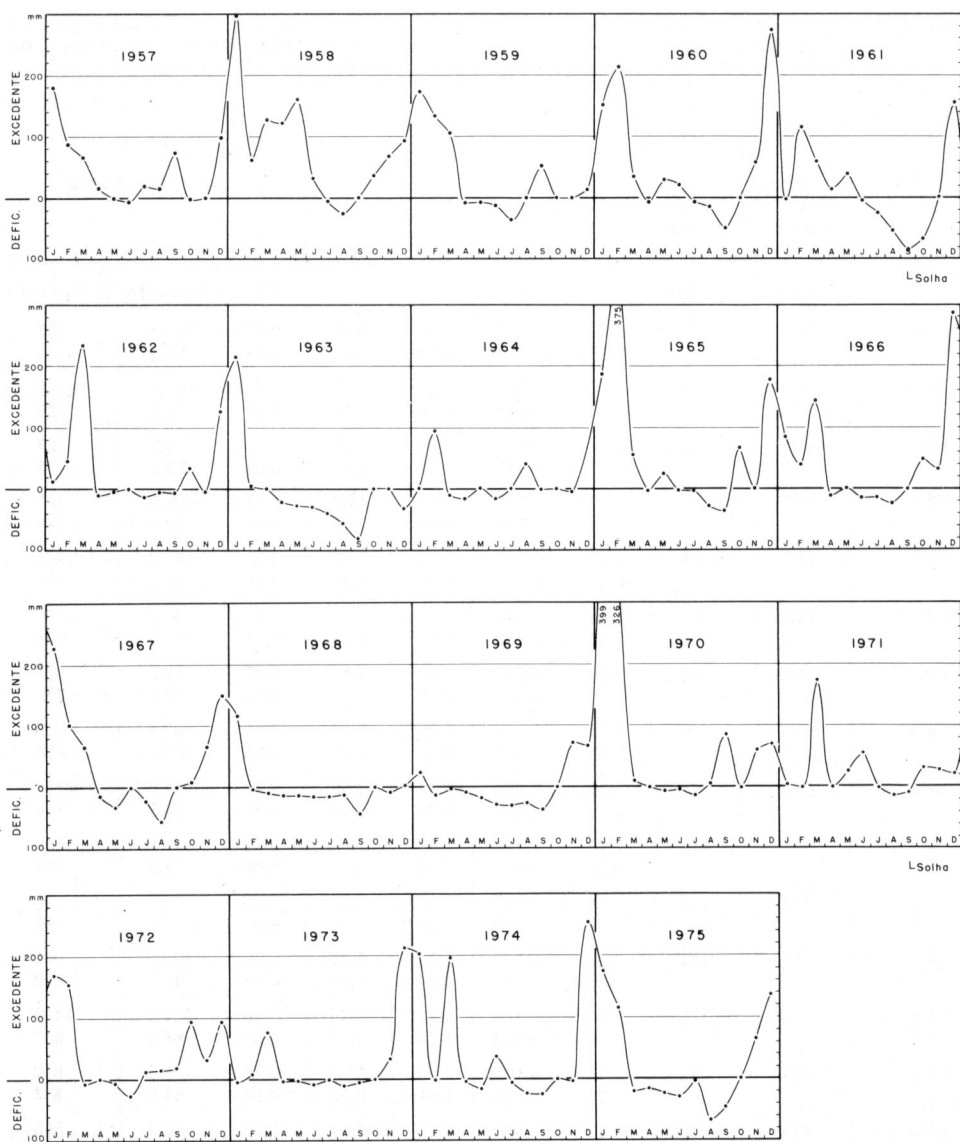


Figura 1. - Representação gráfica do balanço hídrico segundo "Thornthwaite & Mather 1955-125 mm", em base mensal para o período de 1957 a 1975, em Cordeirópolis - SP.

Os anos de menor produção, inferiores a 40 kg/planta, de 1960 e 1969, se seguiram a anos com deficiências hídricas apenas moderadas, da ordem de 122 e 140 mm por ano.

Esse comportamento indica que não houve associação simples entre a presença ou ausência de elevadas deficiências hídricas nos anos anteriores e a produção.

Os excedentes hídricos do ano agrícola em curso parecem também não ter influenciado de modo marcante a produtividade. Os de mais baixa produção, 1960 e 1969, apresentaram, respectivamente, um moderado excedente, de 465 mm e um bastante baixo de 25 mm. Por outro lado, os cinco anos de maiores produções, 1959, 1962, 1963, 1964 e 1971, apresentaram excedentes moderados entre 360 e 600 mm, com exceção de 1964, cujo excedente foi relativamente baixo, de 96 mm.

Esse comportamento da laranja leva a admitir que a irrigação suplementar não teria, necessariamente, efeito benéfico no aumento da produção nas condições do clima úmido do Estado de São Paulo. Essa suposição é confirmada pela observação da prática, de que a seca de inverno é até benéfica à produção. Mesmo as secas mais prolongadas, como as de 1961 e 1963, não afetaram sensivelmente a produtividade dos laranjais no ano agrícola seguinte, que se mostrou elevada. Esse comportamento é completamente diferente em regiões semi-áridas ou de clima mediterrâneo, com seca de verão, onde a irrigação se mostra imprescindível.

Parece ser importante para desencadear o florescimento, não só o

condicionamento fenológico, mas também a presença, no período de repouso hibernar, de uma estação seca moderada. Todavia, deficiências hídricas acentuadas, embora não se mostrem prejudiciais ao volume de produção, afetam a qualidade dos frutos, pelo florescimento tardio.

As variações anuais dos teores dos macronutrientes nas folhas em função das doses de adubos, podem ser estudadas com mais detalhes através dos gráficos da figura 2. Nota-se a mesma tendência descrita para os teores médios, sendo mantidas de certo modo as diferenças entre tratamentos.

As curvas de concentração apresentadas mostram claramente os aumentos de N, P, K e Ca nas folhas, determinados pelas aplicações dos fertilizantes e refletem a interação negativa entre adubação potássica e o teor de Mg das folhas. Efeitos semelhantes foram relatados em outros trabalhos (7, 9).

### 3.1 — EFEITOS DA ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO

Pelos dados do quadro 2 observa-se que maiores respostas na produção foram verificadas para N e K, onde os efeitos em geral foram proporcionais às doses empregadas desses adubos. Esses aumentos na produção ocorreram com grande frequência a partir de 1961, sendo pouco evidentes nos quatro primeiros anos, não obstante aplicações de maiores quantidades de adubos tenham sido feitas desde 1957.

Dos 12 anos em que houve resposta à adubação nitrogenada apenas em três a utilização da dose 2 mostrou-se desnecessária. Nesses 12 anos,

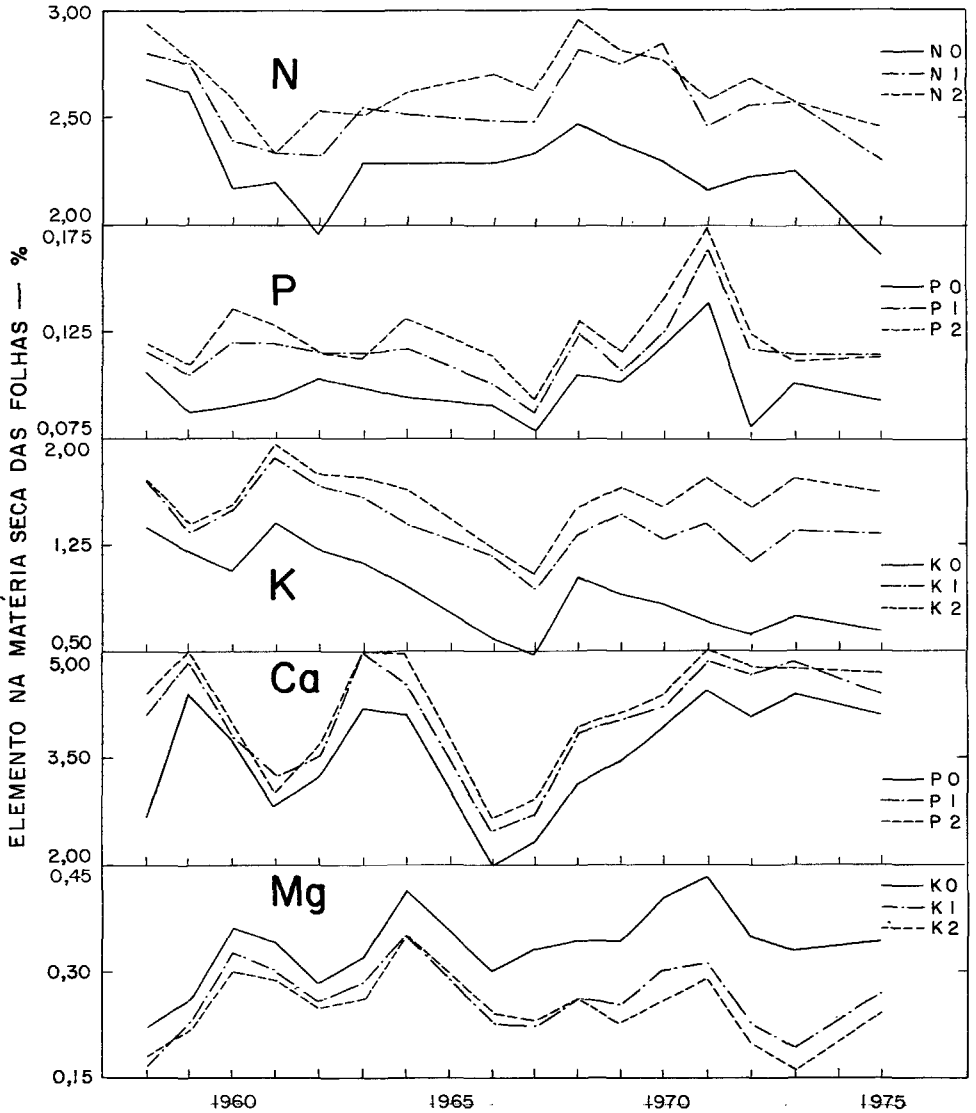


Figura 2. - Variações na composição das folhas de laranja-baianinha, em função dos anos agrícolas estudados entre 1957/58 e 1974/75 e das adubações nas doses 0, 1 e 2 de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . As amostras de folhas foram colhidas em fevereiro-março dos anos indicados, exceto 1965 e 1974.







Quadro 2. — cont.

Tratamento	1970			1971			1972			1973			1974			1975		
	kg	n.º	% kg	kg	n.º	% kg	kg	n.º	% kg	kg	n.º	% kg	kg	n.º	% kg	kg	n.º	% kg
N <sub>0</sub> .....	99,9	612	100	154,0	985	100	107,4	744	100	48,5	293	100	129,6	940	100	63,5	494	100
N <sub>1</sub> .....	105,4	694	106	217,0	1692	141	109,5	838	102	105,9	659	218	166,0	1391	129	114,2	1125	180
N <sub>2</sub> .....	101,7	692	102	204,9	1644	133	110,5	852	103	105,6	692	218	173,7	1404	135	132,7	1250	209
N <sub>1</sub> valor F ...	n.s.			7,28 *			n.s.			26,13 **			6,11 *			30,75 **		
N <sub>0</sub> valor F ...	n.s.			6,17 *			n.s.			8,90 *			n.s.			n.s.		
P <sub>0</sub> .....	94,1	691	100	179,2	1271	100	111,5	834	100	92,4	607	100	167,5	1359	100	95,9	893	100
P <sub>1</sub> .....	85,3	530	91	175,2	1331	98	106,4	972	95	85,6	541	93	142,0	1179	85	110,2	1020	115
P <sub>2</sub> .....	127,6	777	136	219,1	1709	122	109,5	809	98	92,1	475	89	155,9	1198	95	104,3	855	109
P <sub>1</sub> valor F ...	5,63 *			4,92 *			n.s.			n.s.			n.s.			n.s.		
P <sub>0</sub> valor F ...	n.s.			n.s.			n.s.			n.s.			n.s.			n.s.		
K <sub>0</sub> .....	61,6	371	100	131,9	1154	100	50,1	431	100	39,0	301	100	99,7	893	100	69,4	724	100
K <sub>1</sub> .....	121,1	772	196	209,9	1540	159	124,5	899	248	116,6	729	208	172,8	1379	173	121,5	1104	175
K <sub>2</sub> .....	124,3	795	202	231,7	1617	176	152,8	1141	305	104,4	598	267	195,8	1464	196	119,6	1040	172
K <sub>1</sub> valor F ...	19,79 **			30,77 **			34,48 **			34,30 **			27,92 **			16,22 **		
K <sub>0</sub> valor F ...	5,30 *			n.s.			n.s.			21,51 **			n.s.			6,26 *		
Interações																		
N <sub>1</sub> F <sub>1</sub> .....	n.s.			n.s.			n.s.			4,69 *			n.s.			n.s.		
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub> .....	n.s.			5,31 *			n.s.			23,42 **			n.s.			n.s.		
F <sub>1</sub> K <sub>1</sub> .....	n.s.			n.s.			n.s.			n.s.			n.s.			n.s.		

\* 0,01 < Pr < 0,05; \*\* Pr < 0,01; n.s. = não significativo.

a dose 1 provocou um acréscimo médio de 46% e a dose 2, de 53% em relação à produção das plantas não adubadas com N. A adubação potássica provocou aumentos de produção em 14 anos, em cinco dos quais o efeito ficou limitado a uma dose do adubo. Os acréscimos médios verificados na produção sobre os tratamentos sem potássio foram de 56% e 69% para 1 e 2 doses de  $K_2O$ , respectivamente, o que mostra a influência acentuada dessa adubação. As respostas à adubação fosfatada na produção foram pouco frequentes e menores nesse tipo de solo, sendo o efeito de apenas 4% para a dose 1 sobre o controle sem essa adubação e para a dose 2 o acréscimo foi de 26% em relação à dose 0. Considerando-se as médias de todos os anos os acréscimos foram de 4% e 12% respectivamente.

A interação  $N_L P_L$  mostrou-se significativa em sete anos, trazendo alguma evidência do efeito conjugado das adubações nitrogenada e fosfatada no aumento da produção. Esse efeito foi freqüente de 1962 a 1966, e confirma resultados anteriores (7, 21). A interação  $N_L K_L$  somente foi significativa nos anos de 1971 e 1973. A interação  $P_L K_L$  não foi significativa em nenhum dos anos do período estudado.

### 3.2 — RELAÇÕES ENTRE BALANÇO HÍDRICO, TEORES DE NUTRIENTES NA FOLHA E A PRODUÇÃO

Foram estudadas as relações entre disponibilidade climática de água, avaliada a partir dos dados do balanço resultante das interações entre os excedentes e as deficiências hídricas nos bimestres: jun-jul, ago-set, out-nov, dez-jan, fev-mar, abr-maio,

de cada ano agrícola e a produção e os teores de N, P, K, Ca e Mg das folhas, no período de junho de 1957 a maio de 1975.

As relações entre balanço hídrico e os teores de nutrientes nas folhas foram obtidas em função dos níveis de adubação 0, 1 e 2 dos respectivos elementos fertilizantes no caso de N, P e K; em função de três níveis de P, no caso do Ca, em vista de esse elemento ser incluído juntamente com P nas adubações com superfosfato; e em função dos três níveis de K no caso de Mg, em razão do forte antagonismo existente entre estes nutrientes (16). Para a produção as relações com o balanço hídrico foram avaliadas nos níveis 0, 1 e 2 de cada um dos elementos N, P e K fornecidos pela adubação.

No quadro 3 são apresentados os valores de  $t$  relativos aos coeficientes de regressão, para testar esses coeficientes com relação a 0, segundo a hipótese de nulidade ( $H_0: \beta_1 = 0$ ) e os valores de  $F$  para testar a equação de regressão. Nesse quadro aparecem também os coeficientes de determinação (CD).

Por esse quadro observa-se que pelos valores de 'F', o balanço hídrico bimestral acha-se apenas relacionado com os teores de N na dose 1 e de Mg das folhas, nas três doses. Para esses dois elementos observa-se ainda que o bimestre agosto-setembro é o que apresentou coeficientes de regressão significativos pelo teste 't', mostrando que o fator hídrico desse bimestre exerceu alguma influência na variação da concentração de N e Mg das folhas colhidas em fevereiro-março, sendo positiva para N e negativa para Mg. Isto significa que, dentro de certos limites, a absorção

QUADRO 3. — Valores de t dos coeficientes de regressão dos teores dos elementos das folhas e da produção estimados em função dos dados de balanço hídrico nos bimestres do ano agrícola: junho-julho ( $b_1$ ), agosto-setembro ( $b_2$ ), outubro-novembro ( $b_3$ ), dezembro-janeiro ( $b_4$ ), fevereiro-março ( $b_5$ ) e abril-maio ( $b_6$ ), no período de junho de 1957 a maio de 1975. Valores de F e de coeficiente de determinação (CD)

Variável estudada	Nível de adubação	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	F	CD
N	$N_0$	-0,77	1,94 *	0,31	0,60	-0,55	-0,22	1,52	50
	$N_1$	-0,67	1,94 *	0,48	0,71	-1,66	-0,72	2,13 **	59
	$N_2$	-0,81	1,48	-0,28	0,83	-0,68	-0,32	0,73	33
P	$P_0$	0,34	0,37	0,20	-0,19	-0,29	-0,09	0,18	11
	$P_1$	-0,04	0,05	0,43	-0,49	0,45	0,10	0,20	12
	$P_2$	-0,52	-0,05	0,29	-0,28	0,52	-0,01	0,22	13
K	$K_0$	0,58	-0,07	-0,96	0,18	-0,85	0,90	0,63	30
	$K_1$	1,25	-0,40	-0,83	0,40	-0,91	1,19	0,95	39
	$K_2$	1,58	-0,52	0,30	-1,35	-1,57	1,15	1,01	40
Ca	$P_0$	-0,33	0,80	0,25	0,09	-0,81	0,02	0,42	22
	$P_1$	-0,16	0,77	0,50	-0,03	-0,87	-0,09	0,46	23
	$P_2$	-0,37	0,82	0,14	0,35	-0,77	-0,25	0,46	23
Mg	$K_0$	-0,90	-1,39	1,15	-0,30	0,26	-1,18	1,85 **	55
	$K_1$	-0,65	-2,06 *	-0,27	-0,08	0,67	-0,30	1,82 **	55
	$K_2$	-0,61	-2,31 *	-0,49	0,09	1,05	-0,28	2,22 **	60
Produção	$N_0$	-1,11	0,10	-0,57	0,86	0,97	1,53	0,54	26
	$N_1$	-0,25	-0,29	-0,29	0,20	1,39	0,77	0,50	25
	$N_2$	-0,02	-0,65	-0,11	0,45	1,54	0,41	0,62	29
	$P_0$	-0,60	-0,22	-0,38	0,37	1,27	1,02	0,44	23
	$P_1$	-0,23	-0,36	-0,39	0,44	1,39	1,87	0,57	27
	$P_2$	-0,46	-0,30	-0,20	0,61	1,28	0,76	0,42	22
	$K_0$	-0,35	-0,29	-1,22	0,52	1,23	1,42	0,86	36
	$K_1$	-0,39	-0,26	0,21	0,52	1,17	0,66	0,40	21
	$K_2$	-0,53	-0,29	-0,07	0,41	1,47	0,61	0,45	23

\* Pr { t > 1,83 } = 0,10

\*\* Pr { F > 1,61 } = 0,25 e Pr { F > 2,55 } = 0,10

de N está diretamente relacionada com a disponibilidade de água e a de Mg, inversamente. Os teores de N na folha foram afetados significativamente pelo balanço hídrico nas doses 0 e 1 da adubação nitrogenada, enquanto que os teores de Mg na folha variaram com as doses 1 e 2 da adubação potássica.

Deve ser considerado que em agosto-setembro inicia-se o ciclo vegetativo da primavera, sendo pouco evidenciados os efeitos do balanço hídrico dessa época para favorecer o suprimento de nitrogênio no florescimento, quando a planta requer maiores quantidades desse elemento (9, 23).

Rodriguez & Moreira (21) verificaram no mesmo ensaio que o N foi o elemento responsável pelo maior aumento da produção média por árvore nos citros, no período de 1955 a 1966 e atribuíram o decréscimo de produção abaixo da normal em certos biênios, provavelmente à deficiência de chuva no período do florescimento.

Os coeficientes de regressão entre balanço hídrico (excedentes-deficiências) e produção não foram entretanto significativos, o que mostra que os dados de balanço hídrico, nas bases utilizadas, não permitem explicar as variações anuais de produção ocorridas no período.

### 3.3 — RELAÇÕES ENTRE OS NUTRIENTES DAS FOLHAS E DESTES COM A PRODUÇÃO

No quadro 4 são apresentados os coeficientes de correlação parcial significativos entre os teores de macronutrientes e entre estes e as produções de frutos (kg/planta). Esse estudo foi realizado para os dados

anuais de produção e composição das folhas obtidos em 14 anos, a saber: 1958, 1959, 1961-64, 1966-68, 1970-73 e 1975. Os anos 1960 e 1969 foram excluídos por terem apresentado uma redução drástica na produção, com 39,7 e 12,1 kg/planta, respectivamente, por causas não determinadas. Nas épocas de amostragem de folhas, fevereiro-março, não se verificaram baixas concentrações de nutrientes. Isto deve estar associado às adubações realizadas e à baixa produção de frutos nas árvores, a serem alimentados.

Os coeficientes de correlação entre os teores dos elementos nas folhas indicam uma correlação positiva N-Mg e negativa entre N e cada um dos constituintes P, K e Ca. P esteve positivamente correlacionado com cada um dos elementos K, Ca e Mg. As correlações K-Ca e K-Mg foram sempre negativas, destacando-se a maior frequência desta última. Em dois casos o Ca esteve positivamente correlacionado com o Mg e negativamente em um.

Com exceção da correlação N-Mg positiva, os demais resultados concordam com os relatados por Nagai e outros (16), que estudaram os dados das análises químicas foliares colhidas anualmente no período 1958 a 1971, exceto 1965, sem levar em conta a produção.

Os teores de N com maior frequência e os de K e Ca das folhas estiveram diretamente correlacionados com a produção, enquanto os de Mg, inversamente. As correlações entre os teores de P das folhas e a produção, positiva num ano e negativa noutro, não permitem qualquer definição a respeito. Desse modo, as res-

QUADRO 4. — Coeficientes de correlação parcial entre os nutrientes dosados nas folhas e entre os nutrientes e as produções anuais de citros correspondentes a 14 anos, dentro do período de 1958 a 1975

N	P	K	Ca	Mg
P	K 0,515 * 0,466 *	Ca -0,464 * -0,766 ** -0,745 ** -0,490 *	Mg -0,396 * 0,518 * 0,590 **	Produção -0,434 * -0,516 *
K	Ca 0,417 * 0,510 *	Ca -0,579 ** -0,482 * -0,715 **	Produção 0,556 ** 0,530 ** 0,613 ** 0,462 *	
Ca	Mg 0,678 ** 0,544 ** 0,535 ** 0,444 *	Mg -0,786 ** -0,635 ** -0,705 ** -0,510 * -0,776 ** -0,720 ** -0,504 *		
Mg	Produção 0,498 * 0,430 *	Produção -0,677 ** -0,716 ** -0,670 ** -0,589 **		
Produção	Produção 0,645 ** -0,469 *	Produção 0,609 ** 0,448 * 0,762 ** 0,444 *		

\* 0,01 < Pr < 0,05; \*\* Pr < 0,01.

postas às adubações na produção podem ser explicadas principalmente pelos aumentos dos teores de nitrogênio, além de potássio e cálcio nas folhas. As correlações negativas da produção com o magnésio poderiam ser interpretadas com base no seu antagonismo com o potássio. Nesse ensaio eram freqüentes os sintomas visuais de deficiência de magnésio das folhas nas parcelas com adubação potássica, associados aos teores mais baixos (0,16% de Mg) revelados pela análise química (21). Essa tendência já foi assinalada também no milho (8). Sintomas visuais de deficiências de N, P e K também foram observados em associação a baixos teores desses nutrientes nas folhas.

As relações entre os nutrientes e destes com a produção foram grandemente influenciadas pelo ano, o que se verifica pela falta de consistência das correlações estudadas, no período.

A alta correlação existente entre as produções avaliadas em peso e número de frutos ( $r \geq 0,90^{**}$ ), revela que houve, em média, grande uniformidade de peso por fruto.

Utilizando-se as médias de teores dos nutrientes nitrogênio e potássio nas folhas correspondentes aos anos em que houve respostas dos adubos na produção e as médias de teores de fósforo e cálcio nas folhas de todos os anos, obtiveram-se os seguintes resultados, respectivamente para os níveis 0, 1 e 2 de adubação: 2,22, 2,51 e 2,61% de N; 0,098, 0,116 e 0,122% de P; 0,84, 1,35 e 1,56% de K; e 3,62, 4,07 e 4,20% de Ca.

Como o efeito das adubações nitrogenada e potássica na maioria dos anos atingiu até a dose 2, os teores

2,61% e 1,56% dos respectivos nutrientes nas folhas, nessa dose, poderiam ser considerados o mínimo necessário para a avaliação da nutrição adequada. Com essa finalidade, para os outros nutrientes poderão ser adotados os teores de 0,122% de P e 4,20% de Ca nas folhas correspondentes ao nível 2 da adubação com superfosfato, em vista de a dose 2 ter apresentado produções 13% superiores às demais doses. Os teores mencionados situam-se na faixa ótima daquelas relatadas por Rodriguez e Gallo (20).

#### 4 — CONCLUSÕES

Nas condições do experimento não foi observada associação entre a produção anual da laranja e os resultados dos balanços hídricos anuais segundo Thornthwaite & Mather (125 mm de retenção). Deficiências hídricas anuais (de inverno) elevadas não corresponderam a produções reduzidas nos anos seguintes. Por sua vez, excedentes hídricos elevados (de verão) não trouxeram aumentos consistentes de produção nos respectivos anos agrícolas.

A análise de regressão múltipla entre dados dos balanços hídricos bimestrais e as produções dos anos correspondentes não revelou significância para quaisquer dos bimestres.

Os únicos resultados significativos observados se verificaram com relação à concentração de macronutrientes nas folhas e os balanços hídricos no bimestre de agosto/setembro. Esses resultados revelaram correlação positiva entre a concentração de nitrogênio e os dados do balanço hídrico e correlação negativa



entre a concentração de magnésio e o balanço hídrico.

A ausência de correlação entre as deficiências e excedentes hídricos meteorológicos e a produção no conjunto dos anos do período estudado, indicou que, nas condições do experimento, o emprego de irrigação suplementar não teria efeito no aumento de produção da laranja.

As adubações nitrogenada e potássica aumentaram significativamente a produção, sendo esses efeitos frequentes a partir de 1961. As respostas à adubação fosfatada foram menores e pouco frequentes. Durante todo o período entre 1962 e 1966 e nos anos 1959 e 1973 houve forte evidência do efeito conjugado das adubações nitrogenada e fosfatada no aumento da produção.

A análise de folhas indicou correlações positivas entre N e Mg, P e K, P e Ca, P e Mg; e negativas entre N e P, N e K, N e Ca, K e Mg. O menor e o maior teor médio anual encontrados no período foram 2,20

e 2,81% de N, 0,086 e 0,158% de P, 0,82 e 1,74% de K, 2,37 e 4,76% de Ca, e 0,19 e 0,37% de Mg.

Os teores de N, K, Ca das folhas estiveram diretamente correlacionados com a produção e os de Mg, inversamente. Assim, as respostas às adubações sobre a produção poderiam ser explicadas principalmente pelos aumentos da concentração de N e K, além do Ca, do superfosfato, nas folhas. Essas relações sofreram influência do ano, isto é, não foram consistentes no período estudado.

Foram considerados indicativos de uma nutrição adequada dos citros os teores médios nas folhas, de 2,61% de N, 0,122% de P, 1,56% de K e 4,20% de Ca, correspondentes ao maior nível de adubação empregado para cada nutriente.

Seria, por essa razão, recomendável o estudo do efeito de doses mais elevadas desses elementos, em novos ensaios, incluindo-se também o magnésio.

ANNUAL VARIATION OF CITRUS YIELD AND MACRONUTRIENT CONCENTRATION  
IN THE LEAVES RELATED TO WATER BALANCE AND FERTILIZATION,  
DURING 1957/1975

SUMMARY

These are the results of annual variation of production and composition of 6-7 months-old leaves from a fertilizer experiment of a scion-rootstock combination of Navel orange on sweet orange. The experiment was planted in 1947 on Ortho Dark Red Latosol transition to Textural B Terra Roxa Soil in Cordeiropolis, State of São Paulo.

During the 19 years the levels of NPK utilized per plant in a factorial experiment were 0, 250, and 500 g of N; 0, 200, and 400 g of  $P_2O_5$  and 0, 150, and 300 g of  $K_2O$  as sodium nitrate, superphosphate and potassium chloride respectively. Starting 1970 nitrogen was furnished as ammonium sulphate instead of sodium nitrate.

Water balance was calculated by the method of Thornthwaite & Mather every two months and these data were correlated with the fruit production and leaf analysis. The effects of fertilization on yield were evaluated. Various correlations among nutrient

levels in the leaves and between nutrient concentrations and fruit production were established.

The results showed that there was no correlation between water balance (excess or deficiency) and production and slight correlation between water balance and percentage of nutrients in leaves. This indicates that under the conditions of the experiment supplementary water supplied by irrigation would not affect the production.

Both nitrogen and potassium fertilization increased the production, while phosphorus had small and less frequent effect. A positive N x P interaction on production was observed in several years.

Leaf analysis showed positive correlation between N and Mg, P and K, P and Ca, P and Mg. Negative correlation was observed between N and P, N and K, N and Ca, K and Ca, K and Mg. The average annual leaf percentage variation was from 2.20% to 2.81% for N, 0.086% to 0.158% for P; 0.82% to 1.74% for K; 2.37% to 4.76% for Ca and 0.19% to 0.37% for Mg.

The responses to fertilization can be explained by the increase in the percentage of N, K and Ca (from superphosphate) in leaves and positive correlation between these elements and production. It was accepted that contents of 2.61% of N, 0.122% of P, 1.56% of K, and 4.20% of Ca in the leaves, corresponding to the higher fertilization level, represent adequate nutritional status.

#### LITERATURA CITADA

1. BATAGLIA, O. C. & GALLO, J. R. Determinação de cálcio e de magnésio em plantas por fotometria de chama de absorção. *Bragantia* 31:59-74, 1972.
2. BENAVIDES, J. G. & MAQUIN, J. M. M. Relacion entre el balance de agua en el suelo y el rendimiento del café (*Coffea arabica*) en Turrialba, Costa Rica. *Agronomia Tropical* 24(1):11-20, 1974.
3. CAMARGO, A. P. de. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, 1971. 24p. (Boletim 116)
4. ———; PINTO, H. S.; PEDRO Jr., M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R. & ORTOLANI, A. A. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo, 1974. Vol. I, p.109-149 (Cap. 4)
5. CHAPMAN, H. D. & BROWN, S. M. Analysis of orange leaves for diagnosing nutrient status with reference to potassium. *Hilgardia* 19:501-540, 1950.
6. CONCON, J. M. & SOLTESS, D. Rapid micro Kjeldahl digestion of cereal grains and other biological materials. *Anal. Biochem.* 53(1):35-41, 1973.
7. GALLO, J. R.; HIROCE, R. & RODRIGUEZ, O. Correlação entre composição das folhas e produção, e tamanho de frutos, em laranja baianinha. *Bragantia* 25:77-86, 1966.
8. ———; IGUE, T.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C. & MIRANDA, L. E. C. Influência do uso contínuo de fertilizantes na nutrição mineral do milho híbrido IAC Hmd/6999B. Campinas, Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1975. p.245-254.
9. ———; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O. & FRAGA Jr., C. G. Composição inorgânica das folhas de laranja Baianinha com referência à época de amostragem e adubação química. *Bragantia* 19:229-246, 1960.
10. GEHRKE, C. W.; WALL, L. L. & ABSHER, J. S. Automated nitrogen method for feeds. *J. AOAC* 56(5):1096-1105, 1973.
11. GODOY, H. & ORTOLANI, A. A. Carta climática do Estado de São Paulo, 1965. Campinas, Instituto Agronômico. Seção de Climatologia Agrícola.

12. HILGEMAN, R. H. Annual variation in yield of citrus trees, 1949-1971. *Citrograph* 58(12):423-447, 1973.
13. LOTT, W. L.; McCLUNG, A. C.; VITA, R. & GALLO, J. R. Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1961. 69p. (Boletim 26)
14. ———.; NERY, J. P.; GALLO, J. R. & MEDCALF, J. C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1956. 29 p. (Boletim 79)
15. MATHEWS, I. Drought damage to citrus trees. *The Citrus Grower and Sub-Tropical Fruit Journal* (464):11-13, 1972.
16. NAGAI, V.; IGUE, T. & HIROCE, R. Estudo comparativo das relações entre os nutrientes dosados em folhas de café, citros e milho *Bragantia* 34: XXIII-XXVII, 1975.
17. NAUER, E. M.; GOODALE, J. H.; SUMMERS, L. L. & REUTHER, W. Climate effects on Navel oranges. *Citrograph* 58(2):51, 54-55, 1972.
18. ———.; ———.; ———. & ———. Climate effects on Mandarins and Valencias. *Citrograph* 59(3):81, 84-86, 1974.
19. RODRIGUEZ, O. Estudo de espaçamento, porta-enxerto e adubação para a laranja-baianinha (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1972. 82 fls. (Tese de doutoramento)
20. ———. & GALLO, J. R. Levantamento do estado nutricional de pomares cítricos de São Paulo pela análise foliar. *Bragantia* 20:1184-1202, 1961.
21. ———. & MOREIRA, S. Citrus nutrition — 20 years of experimental results in the State of São Paulo, Brazil. In: Proc. First International Citrus Symposium. 1969. Vol. 3, p.1579-1586. Univ. Calif. Riverside, Calif., USA.
22. ———.; POMPEU JÚNIOR, J.; DONADIO, L. C. & FIGUEIREDO, O. Laranja. In: Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, 1972. p.152-154. (Boletim 200)
23. SMITH, P. F. Citrus nutrition. In: Norman F. Childers, ed. Nutrition of fruit crops. Somerset Press, Inc., Somerville, New Jersey, 1966. p.174-207.
24. THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance. Centerton, N.J.; 1955. 104p. (Publ. in *Climatology*, Vol. 8, n.º 1)