

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Agrícola

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Angela Laffe e aprovada pela Comissão Julgadora em 16 de outubro de 1996. Campinas, 01 de novembro de 1996.

x Flávio B. Arruda
Presidente da Banca

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO NA PRODUÇÃO DE LARANJAS BAIANINHA E HAMLIN EM PINDORAMA, SP.

Candidata : Angela laffe
Orientador: Dr. Flávio Bussmeyer Arruda

Outubro de 1996
Campinas, SP



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA	UNICAMP
	Ia2a
V.	Ex.
TOMBO BC	31628
PROC.	281/97
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	16/09/97
N.º CPD	

CM-00100647-7

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Ia2a

Iaffe, Angela

Avaliação da disponibilidade hídrica no solo na produção de laranjas Baianinha e Hamlin em Pindorama, SP. / Angela Iaffe.--Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: Flávio Bussmeyer Arruda.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Laranja - Previsão. 2. Irrigação. 3. Cítricos. 4. Evapotranspiração. 5. Plantas - Efeito da umidade do solo. I. Arruda, Flávio Bussmeyer. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

**AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO NA PRODUÇÃO DE
LARANJAS BAIANINHA E HAMLIN EM PINDORAMA, SP.**

Candidata : Angela Iaffe

Orientador: Dr. Flávio Bussmeyer Arruda

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia Agrícola da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do
título de mestre em Engenharia Agrícola
com área de concentração em Água e Solo.

CAMPINAS, SP

Outubro de 1996

9711052

Aos meus pais, Rubin e Maria Paula,
pelo apoio e educação,
ofereço

A Paulo de Tarso pelo incentivo,
belo exemplo de trabalho,
companheirismo e amor,
dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Flávio Bussmeyer Arruda, pela valiosa orientação, dedicação no desenvolvimento desse trabalho, além da amizade e colaboração em todas as fases.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos.

Aos pesquisadores e funcionários da Seção de Irrigação e Drenagem do Instituto Agrônomo de Campinas pelo excelente ambiente de trabalho e colaboração.

À Seção de Climatologia Agrícola do mesmo Instituto pelo fornecimento dos dados meteorológicos utilizados no presente trabalho.

Aos pesquisadores e funcionários da Estação Experimental de Pindorama, pela realização e condução do experimento.

À Julieta, Sérgio Salles e família pela amizade, estímulo e colaboração, ao longo de todos os anos de convívio.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudos.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo convívio agradável.

Aos pesquisadores Maria Ângela Fagnani e Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo pelas sugestões apresentadas.

Aos amigos Gisele, Sílvia, Régis, Angelina e Rocha pelo inestimável apoio.

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Condições ambientais para citros.....	3
2.2. Fases fenológicas.....	4
2.3. Disponibilidade hídrica no solo e sistema radicular dos citros.....	8
2.4. Irrigação de citros.....	12
2.5. Modelagem e previsão da produção de citros.....	15
2.6. Estimativa do consumo de água do solo para citros.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Características do local.....	25
3.2. Clima.....	25
3.3. Solo.....	25
3.3.1. Amostragem de umidade.....	26
3.4. Delineamento experimental do pomar.....	27
3.4.1. Tratamento de irrigação.....	28
3.5. Características das copas.....	29
3.5.1. Colheitas e produção.....	30
3.6. Balanço hídrico climatológico.....	30
3.7. Balanço hídrico de campo.....	31
3.7.1. Variação no armazenamento de água no solo.....	32
3.7.2. Precipitação pluvial e irrigação.....	33
3.8. Coeficiente de cultura operacional.....	33
3.9. Análise estatística da produção.....	34
3.10. Avaliação da influência do clima.....	35

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Condições climáticas ocorridas durante o ensaio	37
4.1.1. Regime térmico	37
4.1.2. Regime de precipitações	38
4.1.3. Balanço hídrico climatológico.....	39
4.1.4. Descrição do clima durante os anos agrícolas.....	41
4.2. Balanço hídrico de campo	43
4.2.1. Adição de água no sistema	50
4.2.2. Evapotranspiração	51
4.3. Análise do coeficiente de cultura k_c	52
4.4. Resultados das produções do ensaio.....	57
4.5. Análise das produções e seus componentes.....	66
4.5.1. Correlação entre os tratamentos	66
4.5.2. Efeito da idade das plantas na produção	67
4.5.3. Efeito da safra anterior sobre a produção.....	68
4.5.4. Relação entre a produção e seus componentes.....	70
4.6. Análise do efeito hídrico na produção e seus componentes.	73
4.6.1. Identificação dos períodos significativos.....	73
4.6.2. Quantificação do efeito hídrico.....	77
5. CONCLUSÕES.....	86
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

LISTA DE TABELAS

TABELAS	Página
1a. a 1c.	Balanço hídrico de campo para a laranja Baianinha sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento da umidade do solo até 100 cm de profundidade no período de 1968 a 1969..... 44
1d a 1f.	Balanço hídrico de campo para laranja Hamlin sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento da umidade do solo até 100 cm de profundidade no período de 1968 a 1969. 47
2 .	Datas e lâminas das irrigações realizadas no período de ensaio..... 50
3 .	Valores máximos, médios, mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação (%CV) da evapotranspiração potencial diária calculada por Penman modificado, ocorridas no período de abril de 1968 a abril de 1976..... 51
4 .	Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP: Períodos com precipitação frequente..... 53
5 .	Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP: Períodos iniciais de secamento ocorridos logo após o período chuvoso. 54
6 .	Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP: Períodos de longa estiagem com poucas chuvas significativas..... 54
7 .	Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP..... 55
8 .	Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP..... 56
9 .	Produções em peso, (quilos por planta) de dois tipos de copas e de porta-enxertos na E.E. Pindorama. 63
10 .	Produções em número de frutos de dois tipos de copas e de porta-enxertos..... 64

TABELAS	Página
11 .	Peso médio dos frutos (quilos) de dois tipos de copas e de porta-enxertos 65
12 .	Correlação entre os tratamentos irrigado e não irrigado no período de 1969 a 1977 para as combinações de copa e porta-enxerto. 66
13 .	Valores da correlação simples entre a produção do ano com a idade das laranjas no período de 1969 a 1977, Pindorama, SP..... 68
14 .	Valores da correlação simples entre a produção do ano com a do ano anterior para laranjas no período de 1969 a 1977, Pindorama, SP..... 69
15 .	Valores da correlação (r) entre a produção final e os componentes de produção para os vários tratamentos de laranjas. 70
16 .	Valores máximos, médios, mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação (%CV) da precipitação menos a evapotranspiração potencial (P-ET) ocorridos nos meses antecedentes das produções de citros, de 1969 a 1977 em Pindorama, SP..... 74
17 .	Resultados da correlação simples entre a produção e seus componentes com a diferença mensal entre a precipitação e evapotranspiração mensal ocorrida no ano anterior até a data de colheita nos tratamentos não irrigados. 75
18 .	Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Baianinha sobre Caipira como função do equilíbrio hídrico em Pindorama..... 78
19 .	Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Baianinha sobre Cravo como função do equilíbrio hídrico em Pindorama..... 79
20 .	Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Hamlin sobre Caipira como função do equilíbrio hídrico 81
21 .	Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Hamlin sobre Cravo como função do equilíbrio hídrico em Pindorama..... 82

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Total de precipitação anual ocorrido, de 1964 a 1979 em Pindorama, SP	38
FIGURA. 2 Balanço hídrico com as normais para Pindorama, SP para uma capacidade de armazenamento de 75 mm.	39
FIGURA 3. Produções anuais em frutos (quilos por planta) de dois tipos de copas e dois porta-enxertos na E.E. Pindorama.....	59
FIGURA 4. Produções anuais em número de frutos de dois tipos de copas e dois porta-enxertos na E.E. Pindorama.	60
FIGURA 5. Peso médio dos frutos de dois tipos de copas e dois porta-enxertos na E.E. Pindorama.	61
FIGURA 6. Relação entre produção total de frutos (kg/pl.) , número de frutos por planta e peso médio dos frutos (quilos) para o tratamento de laranja Hamlin sobre limão Cravo não irrigado.....	72

RESUMO

Neste trabalho foram analisados os resultados de pesquisa obtidos em experimento conduzido em pomar de laranjas Baianinha e Hamlin, com porta-enxertos laranja Caipira e limão Cravo, em solo Podzolizado de Lins-Marília em Pindorama, SP. Foram estudados os efeitos da irrigação e precipitação na produção e o consumo de água resultante das amostragens de umidade do solo do controle de irrigação.

As melhores produções foram obtidas com Hamlin/Cravo e as piores com Baianinha/Caipira. A produtividade média no ensaio foi respectivamente 260 e 160 quilos por planta.

As irrigações foram realizadas no inverno, nos cinco primeiros anos de produção, em média de 2,3 por ano, apenas. Apresentaram efeito significativo em anos isolados, mas não quando acumulados no período. Não houve efeito subsequente nas produções devido a suspensão das irrigações.

O consumo de água na cultura foi em média 1,6 mm/dia no inverno. O coeficiente de cultura operacional (kc), resultante do controle de irrigação mostrou-se fortemente dependente da distribuição das chuvas. Durante o período de chuvas freqüentes o kc era muito próximo da unidade. A medida que a seca se acentuava o kc diminuía até valores próximo de zero. Houve indícios de não ocorrer a pronta recuperação de kc com o reinício das chuvas após seca prolongada.

A série de dados de produção foi associada ao equilíbrio hídrico entre precipitação e evapotranspiração (P-ET). Foram assim determinados os períodos de melhor correlação. A seguir esses períodos foram combinados por meio de correlação múltipla para obtenção de equações para a estimativa da produção. Os resultados evidenciam a importância do equilíbrio hídrico entre (P e ET) nos períodos agosto e dezembro do ano anterior à colheita, e março, mais próximo da colheita para essas variedades precoces. Tais períodos se relacionam principalmente ao número de frutos efetivados na produção.

WATER EFFECT ON YIELD OF BAIANINHA AND HAMLIN ORANGE IN PINDORAMA, SP.

ANGELA IAFFE
ADVISER: DR. FLÁVIO BUSSMEYER ARRUDA

SUMMARY

In this work was analysed a 10 years of yield of an orange orchard of Baianinha and Hamlin grafted over Caipira and Cravo at the Experimental Station of IAC, in Pindorama, SP, Brasil.

The effect of rainfall distribution on the water consumption, based on soil sampling for irrigation control, was found to be very pronounced.

The best yield was obtained with Hamlin/Cravo and the worst with Baianinha/Caipira. Irrigation was applied only in the first five year of production during the winter. Even though the dry season usually was 6 month long and very dry, it was applied only an average of 2.3 irrigations per year. The effect of irrigation was not significant, in a whole, except in isolated years. There was no effect thereafter the interruption of irrigation in the following years.

A detailed analysis of water effect was carried out, initially by simple correlation between final yield and its components and the difference between rainfall and potential evapotranspiration (P-ET) occurred each month during the year before and the current year of production. The significant periods were again correlated, in order to obtain a multilinear regression to explain and quantify the water effect on final yield and its components.

1. Introdução

A citricultura paulista vem apresentando crescente importância na economia brasileira e principalmente na paulista. Atualmente, observa-se que a expansão do cultivo está acontecendo principalmente na zona abrangendo o norte de São José do Rio Preto, Pindorama, Ribeirão Preto e Barretos. Esses locais apresentam o tipo climático Aw da classificação de KÖEPPEN, isto é, tropical com inverno seco. Segundo o Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo (CAMARGO *et al.*, 1974), as regiões citadas têm características classificadas como Zona B : apta com restrições, deficiências hídricas sazonais, temperatura média anual maior que 17^o C, deficiência hídrica média anual maior que 60 mm. Em vista da cultura estar se expandindo em área marginal é necessário mais investigações sobre o efeito hídrico na produção de laranja.

O crescimento e a produtividade das árvores cítricas são afetados diferentemente pelo suprimento de umidade. Enquanto o crescimento vegetativo e a acumulação de biomassa constituem um processo continuado e correlacionado linearmente com a transpiração (de WITT, 1958), a frutificação é um período de culminação do desenvolvimento reprodutivo seguido do estabelecimento e crescimento dos frutos com sucesso. Por isso, o efeito da deficiência hídrica é função da sua intensidade, duração e época de ocorrência. As pesquisas visando obter maiores conhecimentos das relações entre clima e produção de citros,

contribuem para se obter aumentos de produtividade, relevante no contexto atual da citricultura paulista.

A investigação partiu da hipótese de que as produções anuais de laranjas podem ser explicadas pelas variações ambientais, principalmente pelo efeito da disponibilidade hídrica no solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da irrigação suplementar inicial e da precipitação pluviométrica no consumo de água e na produção de laranja, para orientação futura em planejamento e uso de irrigação na região de Pindorama.

Como objetivo específico, foram estudados os seguintes itens:

- a. Produção das laranjas Hamlin e Baianinha sobre os dois porta-enxertos limão Cravo e laranja Caipira
- b. Avaliação dos principais parâmetros hídricos e da cultura relacionados com a produção.
- c. Análise do consumo de água na cultura.

2. Revisão de literatura

O processo de produção na agricultura é fortemente condicionado pelo ciclo biológico das culturas e variações climáticas. Essas características fazem com que o planejamento na agricultura tenha que considerar um elevado grau de incerteza. Variações do clima podem provocar flutuações das ofertas dos produtos agrícolas e comprometimento no abastecimento da população, comércio e indústria.

Para minorar esses efeitos na produção econômica, algumas medidas podem ser tomadas, como: melhorias no sistema de produção do pomar, irrigação, conhecimento dos efeitos dos eventos climáticos na produção, descentralização dos cultivos, previsão de safras sob base climática, e a consideração de outros fatores, tais como o preço recebido pelo produtor, levantamentos estatísticos, assistência técnica de campo entre outras informações.

2.1. Condições ambientais para citros

O clima como condicionante do cultivo dos citros interfere de forma decisiva em todas as etapas da cultura. Tem influência na adaptação das variedades, no comportamento fenológico como na abertura floral, na curva de maturação, na taxa de crescimento e qualidade do fruto e principalmente no potencial de produção.

Cada cultura tem a sua exigência climática, necessita do regime hídrico-energético ideal podendo assim expressar o seu máximo potencial genético de produção, e em última análise de sua rentabilidade econômica (NOGUEIRA, 1979).

É por esta razão que o zoneamento agroclimático de uma região é importante para o planejamento agrícola, pois vai delimitar as áreas em que as culturas encontram os valores ótimos de clima para o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, produtividade.

Para o Estado de São Paulo, CAMARGO *et al.* (1974), delimitaram a temperatura média anual de 17 °C como limite do fator térmico e para a condição hídrica indicaram como aptas as regiões com deficiência hídrica até 60 mm. Acima deste valor foram integradas as áreas com restrições hídricas. Observando o mapa, com as regiões ecológicas, nota-se a grande extensão de área apta à citricultura, dessa área, notadamente no norte e noroeste do estado, cerca da metade é definida como apta com restrição pela ocorrência sazonal de deficiência hídrica, o que ressalta a importância do uso racional da irrigação. Outros autores (WESTPHALEN *et al.*, 1974; NOGUEIRA, 1979), estabeleceram critérios para zoneamento, baseando-se no balanço hídrico em combinação com valores médios mensais e anuais de precipitação e temperatura média, para diversas variedades comerciais dos citros.

Porém, como citado na introdução, o aprimoramento desses trabalhos será possível à medida que se adquira melhor conhecimento das relações solo-planta-atmosfera.

2.2. Fases fenológicas

No Estado de São Paulo não há acentuada concentração da época de colheita da laranja. Os meses mais importantes são outubro, novembro, e dezembro, respondendo por pouco mais de 40% do total colhido em um ano (SILVA *et al.*, 1986). Na preferência atual dos citricultores paulistas com relação às copas comerciais, há apenas 7% de variedades precoces, 39 % de tardias e 54 % de

Pêra. Tal comportamento tem como base a política da indústria para a remuneração do produtor: as precoces recebem menores preços, apesar de sua produtividade ser maior. Outro fato seria a insegurança do produtor, pois se o estabelecimento de contratos for retardado, isso poderia prejudicar a colheita dessas variedades. Esta tendência é desfavorável, pois está deslocando o período de safra para mais tarde. As agroindústrias em processo de verticalização, investem em plantios de laranja Hamlin, uma variedade precoce, que atinge o ponto de colheita (crescimento e maturação do fruto) entre 8 e 10 meses após o florescimento.

A laranja, após atingir o índice apropriado de maturação para colheita, pode permanecer durante um período considerável ainda na árvore. Este período é variável conforme a cultivar, disponibilidade hídrica do solo, temperatura, entre os fatores mais importantes além do estado fitossanitário do pomar.

No Estado de São Paulo, em geral, os pomares em agosto estão em fase de maturação, sendo que a Hamlin, variedade precoce, estaria em fase final de colheita. Na Flórida e na Califórnia, é citado por KREZDORN *et al.* (1977), que o estoque de frutos na árvore é utilizado para estender o período de comercialização durante meses, e no caso de Hamlin, em função de obter melhor qualidade de suco para industrialização (concentrado congelado).

Os citros podem florescer numa gama variada de condições térmicas, o que demonstra sua capacidade de adaptação à vários padrões de clima. Em condições tropicais de baixa latitude, sem sazonalidade térmica, o estresse hídrico na árvore cítrica substitui os baixos níveis energéticos (temperatura) provocando repouso vegetativo, e, na dependência da duração e intensidade de seca condiciona um florescimento concentrado. REUTHER (1973) e CASSIN *et al.* (1968) observaram hábitos contínuos de florescimento em regiões tropicais sem estação seca. Possivelmente os pomares citrícolas das regiões Norte e Noroeste paulista, se irrigados teriam comportamento similar.

Sendo as árvores cítricas consideradas "sempre verdes", requerem suprimento de água a maior parte do ano. Embora as folhas caiam durante o ano todo, em condições normais, a formação de folhas novas excede a abscisão mesmo durante o florescimento da primavera. A partir dessa estação ocorre o principal fluxo de crescimento das folhas, coincidindo com o estabelecimento e crescimento do fruto. Esse estágio tem alta demanda de energia e necessidade hídrica (RODRIGUEZ, 1991). HILGEMAN (1959) no Arizona, relatando a importância da água no desenvolvimento do fruto, em experimento de produção de citros e relacionando com parâmetros hídricos, encontrou um aumento de $1,5 \text{ cm}^3$ no fruto para cada 2,5 mm e um ganho de 4 cm^3 para cada 25 mm de chuva, demonstrando uma relação curvilínea entre a umidade disponível no solo e a taxa de crescimento do fruto.

Folhas de laranjeiras mostram capacidade de absorver água dos frutos nos períodos secos, quando a necessidade hídrica da folhagem não pode ser satisfeita pela absorção radicular, reduzindo o peso médio dos frutos e sua produção final em termos de peso (HILGEMAN, 1959).

Os citros necessitam de água em praticamente todo o ciclo fenológico para manter o crescimento contínuo e apresentar boa fixação dos frutos (DOOREMBOS & KASSAM, 1979). As causas de queda dos frutos dos citros nos pomares da Califórnia têm sido estudadas por vários trabalhos (FURR, 1955; KOO, 1958 e outros). Todos chegam à conclusão que altas temperaturas e baixa umidade na atmosfera durante o período de pegamento dos frutos são as principais razões para a queda precoce, mas estas perdas podem ser acentuadas quando há déficit no suprimento de água no solo surgindo uma condição favorável à formação de uma camada de abscisão na base do pedúnculo das flores e conseqüentemente a sua queda (NOGUEIRA, 1979). Apesar da existência ao longo dos anos, de uma estação tipicamente chuvosa para as distintas regiões agrícolas do Estado, é comum

também a ocorrência de períodos de estiagem na estação chuvosa de duração variável, conhecidos como "veranicos".

SEQUEIRA (1990), verificou em pesquisa da probabilidade de atendimento natural das necessidades hídricas dos citros, que para Pindorama, a deficiência hídrica se inicia em maio ou abril, nesse caso, se estende por um período duas vezes maior que o necessário para a indução floral, resultando numa estação seca mais prolongada, podendo afetar a floração ou até o início da frutificação.

Como planta perene, a resposta dos citros à água em determinado estágio de desenvolvimento depende da disponibilidade hídrica anterior a esse estágio (DOOREMBOS & KASSAN, 1979). LOMAS & BURD (1983) verificaram que quanto menor a temperatura mínima maior o tempo para o florescimento.

As plantas cítricas produzem muitas flores, e uma fase determinante da produção é o percentual destas flores tornarem-se frutos (VOLPE, 1992). Os frutos que completam a maturação representam pequena percentagem das estruturas reprodutivas isto é, botões florais e frutos produzidos por uma laranjeira (MOSS, 1971). A queda das estruturas reprodutivas ocorre durante todas as suas fases de desenvolvimento, geralmente em ciclos ou ondas de maior intensidade. O primeiro ciclo, a queda de florada representa a maior perda de estruturas reprodutivas. É considerada normal e associada a presença de zonas pré formadas de abscisão na base do pedúnculo dos botões flores e frutinhos (LIMA, 1989) e também a competição por produtos da fotossíntese (HSIAO, 1993). Normalmente o número de frutos após essa queda da florada é suficiente para uma produção econômica de laranjas. Porém, em situação de estresse hídrico, temperaturas altas ou excesso de chuvas associada a infecção por *Colletotrichum* pode ocorrer quebra da produção (TUBELIS, 1989).

Um segundo pico de queda de frutos importante é o segundo estágio de desenvolvimento dos frutos. Na literatura estrangeira é denominado "june drop" quando ocorre uma queda acentuada de frutos entre 10 e 25 mm de diâmetro, com a ocorrência de temperaturas altas e déficit hídrico. Na região de Pindorama corresponde ao período entre outubro e dezembro (DI GIORGI *et al.*, 1991), recebe o nome genérico de queda de novembro. Segundo LIMA (1989), o efeito dessa queda pode ser significativo e diferenciado entre variedades cítricas. Para o autor pode ser ocasionado pela competição entre os frutos por metabólitos ou reservas da planta. Entre as variedades, especificamente para a laranja Bahia, na anatomia do fruto há com frequência o desenvolvimento de um segundo fruto estilar, no "umbigo" do fruto. Quando ocorre, a sua presença pode intensificar a queda de verão.

Um terceiro período seria a queda de pré-colheita. Sem dúvida esta é maior conforme há o retardo na colheita (KREZDORN, 1977).

O crescimento vegetativo em um ano é influenciado pelo efeito residual do crescimento do ano anterior e, em plantas jovens, determina seu tamanho final e a futura capacidade de produção. Em plantas adultas, o vigor de crescimento determina a taxa de reposição dos ramos de frutificação (GOELL *et al.*, 1981). Alguns autores (BARRETO *et al.* 1976; AUGUSTI, 1992) encontraram correlações entre anos consecutivos de produção, observando produções com alternância bianual. Relatos de alternância de produções têm sido citados em climas e solos nos quais há condições menos favoráveis à frutificação (GUARDIOLA, 1992). A alternância de produção em Baianinha foi observada como uma característica varietal (GUARDIOLA, 1992). O grau de florescimento também determina a frutificação através de mecanismos conforme o cultivar (MOSS, 1971).

2.3. Disponibilidade hídrica no solo e sistema radicular dos citros

O valor total de chuvas anuais de uma região tem significado menor na produção pois uma boa disponibilidade de água para a cultura depende, essencialmente, do equilíbrio entre a evapotranspiração da cultura e a precipitação pluvial ao longo do ciclo fenológico (BIELORAI & LEVY, 1971).

Segundo SYVERTSEN (1985) existem dois pontos de contato principais entre plantas e seu meio ambiente. Uma interface está entre as raízes e o solo, onde água, nutrientes minerais, e oxigênio entram no sistema da planta, e a outra interface está localizada na parte aérea onde CO_2 e oxigênio são trocados e vapor de água é perdido pelos estômatos. Quando a disponibilidade de água no solo é limitada, o movimento de água através do sistema solo-planta é regulado pelo suprimento de água do solo e condutividade das raízes. Quando a disponibilidade é adequada, o movimento da água é controlado pela evapotranspiração, a qual é regulada por ambos: a abertura dos estômatos e a taxa de evapotranspiração (REICHARDT, 1985). Quando porém o teor de umidade do solo é mantido a níveis suficientes a absorção radicular é feita com menor dispêndio de energia, e a transpiração não sofre bloqueio. Assim, proporciona adequada absorção de CO_2 , mais eficiente fotossíntese e absorção de nutrientes (HSIAO, 1993). Os citros, por origem têm alguns atributos característicos. O crescimento vegetativo assume dominância sobre o desenvolvimento reprodutivo que pode ocorrer às expensas do estabelecimento dos frutos, e grande desenvolvimento foliar. Em proporção entre parte aérea e sistema radicular, este é menor, relativamente raso, dispondo de menos raízes capilares, com menor condutividade hidráulica (CASTLE & KREZDORN, 1978).

Segundo MONTENEGRO (1960) devido a poda que sofrem no transplante, as raízes podem tomar uma formação lateral ligeiramente aprofundante. Atualmente,

se encontra muito difundida a utilização de mudas produzidas em recipientes chamados comercialmente de "Citrus pot", "containers" ou tubetes. As mudas com raízes protegidas condicionam diferentemente o sistema radicular. CAHOON *et al.* (1961) observaram que mudanças no crescimento radicular de árvores adultas não ocorriam rapidamente em resposta às mudanças no ambiente do solo.

Geralmente 80% do sistema radicular se encontra distribuído nos primeiros 100 cm de profundidade (HILGEMAN, 1959). É exigente em oxigênio, e sensível ao pH. Um nível de oxigênio (O_2) abaixo de 2% paralisa a atividade radicular, o mesmo verificando-se com pH inferior a 5,0.

ESPINOZA *et al.* (1985) comentam que o desenvolvimento radicular é dependente principalmente do porta-enxerto, e das características do perfil do solo e é modificado pelo regime de umidade do solo. As plantas pertencentes ao grupo *Citrus sinensis* (laranja Caipira) apresentam-se mais exigentes que aquelas do grupo *Citrus limon* (limão Cravo). Em relação a porta-enxertos, o limão Cravo predomina nos plantios em São Paulo, sendo bastante pesquisado e continuamente melhorado. O Brasil lidera a experimentação de porta-enxertos, com um importante banco de germoplasma.

A situação geral dos pomares no Estado de São Paulo mostra que o vigor e a capacidade de produção dependem do desenvolvimento do sistema radicular e da disponibilidade hídrica.

Em solos erodidos e compactados, ou em solos com caráter álico, são comuns plantas cítricas com sistema radicular superficiais (OLIVEIRA, 1991). Nestes casos, com manejo inadequado, as plantas têm uma disponibilidade hídrica no solo inferior a 50 mm e normalmente não respondem à adubação. Nestas condições, a probabilidade de atendimento hídrico é muito reduzida nos períodos de florescimento, estabelecimento e crescimento do fruto.

SEQUEIRA (1990), observou que a área com maior desenvolvimento atual da citricultura no Estado de São Paulo (representada por Pindorama e Ribeirão Preto) apresenta elevadas probabilidades de ocorrência de déficit hídrico no solo de maior duração e intensidade durante a floração e início de frutificação, com os respectivos riscos na produção. Esses maiores riscos são compensados pela ocorrência de pomares cítricos em solos podzolizados porém com características eutróficas comuns na região de Pindorama com maiores níveis de água facilmente disponível.

PACE & ARAÚJO (1986), estudando o desenvolvimento do sistema radicular de porta-enxertos de citros em solos podzolizados verificaram uma redução acentuada do percentual de radicelas abaixo dos 20 cm de profundidade, relacionando esse fato à mudança textural abrupta existente nesses solos, com uma zona de adensamento. Segundo comentário dos autores, citando DONAHUE (1958), o desenvolvimento de raízes é seriamente afetado em horizontes de solos com densidade global superior a $1,4 \text{ g/cm}^3$. Os autores consideraram no trabalho o adensamento dificultando o desenvolvimento do sistema radicular. Em solos de textura uniforme ao longo do perfil e sem impedimentos à penetração, as raízes se concentram nos 40-60 cm de profundidade (RODRIGUEZ, 1991).

Por outro lado, WEILL (1990) encontrou redução na produção do cafeeiro em solos podzolizados, quando o teor de argila no horizonte B era mais elevado, característico de transição mais abrupta entre os horizontes A e B. Isto provavelmente seja pela menor concentração de raízes sub-superficiais.

Diminuição acentuada da macroporosidade tem influência sobre o desenvolvimento das raízes. GROHMANN (1960), encontrou em Podzólicos Vermelho-Amarelo abrupto uma inversão bastante acentuada da distribuição da microporosidade e macroporosidade ao longo do perfil. Na camada superficial

arenosa os valores da macroporosidade eram próximos de 40% e os da porosidade capilar 13%. Na camada subsuperficial, de textura barrenta, os valores eram respectivamente 17 e 13%, indicando portanto acentuada diminuição da macroporosidade no horizonte B textural.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelos abruptos destacam-se por serem muito comuns na área citrícola paulista. Parte desses solos foi denominada no levantamento pedológico de reconhecimento (Brasil, 1960) de Solo Podzolizado de Lins e Marília, variação Marília. Em tais solos a velocidade de percolação da água que é rápida na camada superior arenosa, sofre acentuada redução ao atingir o horizonte inferior argiloso. Continuando o afluxo de água até atingir a saturação, após o que, persistindo a adição de água, a maior parte dela escorrerá pela superfície provocando erosão. Como o volume dessa camada arenosa é bastante variável, torna-se importante conhecê-lo, dada as implicações agrícolas que têm, como por exemplo: a maior ou menor disponibilidade hídrica, a erodibilidade do solo.

OLIVEIRA (1991), considera que em áreas com períodos importantes de veranico, a diferença de espessura dessa camada superficial arenosa e a textura do horizonte subjacente, sejam fatores bastante importantes no julgamento da disponibilidade hídrica dos solos para citros.

Em irrigação, o conhecimento da distribuição das raízes da planta é muito importante. Não menos importante é o conhecimento da disponibilidade de água no solo na camada explorada pelo sistema radicular efetivo. Segundo MARLOTH (1950) e MONSELISE (1947), citados em SALTER & GOODE (1967), tensões de umidade entre 0,7 e 0,8 mPa parecem paralisar o desenvolvimento do sistema radicular dos citros.

2.4. Irrigação de citros

Dentre os fatores importantes para elevar a produtividade, a irrigação e o estudo de seu manejo sob aspectos regionais são relevantes. Qualquer planejamento e operação de um projeto de irrigação que vise altas produções e boa qualidade do produto, requer conhecimento das interrelações entre água-solo-planta-clima (KOO, 1958). O manejo de irrigação visa o uso eficiente da água, de forma a se ter resultados na produção e minimizar problemas como a erosão, percolação profunda ou a poluição de águas subterrâneas e maximizar o retorno econômico. O interesse pela irrigação de citros continua bastante no Estado de São Paulo (BARRETO *et al.*, 1976), principalmente em algumas regiões, devido a: Ocorrência de períodos de seca, e seus efeitos, possibilidade de conduzir a produção, antecipando ou produzindo em entre-safra e aprimoramento das técnicas de cultivo, como por exemplo a possibilidade de fertirrigação.

Um aspecto importante é que a irrigação no Estado de São Paulo é suplementar. Diversos autores têm estudado a resposta à irrigação. Sabe-se que a cultura da laranja quando cultivada sem irrigação, apresenta grandes variações na produção, de ano para ano, e atribuem-se às flutuações climáticas mas há pouco conhecimento sobre as relações de causa e efeito e das implicações da irrigação.

BARRETO *et al.* (1976) analisando dados de produção de 5 anos de laranja natal sobre porta-enxerto de laranja Caipira, irrigadas com o conceito de irrigar quando a tensão de água no solo atingia a 1,5 bar na profundidade de 50 cm em Latossolo Roxo, na região de Ribeirão Preto, observaram aumentos de produção da ordem de 70 % em peso, 56% em número de frutos e de 9% no peso médio dos frutos, em relação ao tratamento não irrigado. Em geral foram necessários 4

irrigações por ano com um intervalo médio de 39 dias, sendo que o menor intervalo foi de 20 dias e o maior, devido às precipitações ocorridas, de 66 dias.

SALTER & GOODE (1967), em abrangente revisão de literatura, descrevem que o crescimento e produtividade dos citros com o uso da irrigação são funções da frequência e montante de água aplicado.

Sob manejo adequado, a irrigação impulsiona a produção do pomar pelo incremento em número de frutos e tamanho destes. TAYLOR (1965) recomenda que a irrigação seja feita quando a tensão na água do solo atingir entre 20 a 100 kPa, dependendo da maior ou menor taxa de evapotranspiração. SUZUKI & KANEKO (1970) observaram incrementos de 50% na produção, pelo mesmo número de frutos por árvore, quando o potencial matricial do solo foi mantido entre -40 e -110 kPa comparado com -97 por -195 kPa, em regime de esparsa frequência de irrigação, em pomar de laranja Satsuma em solo silte-argiloso no Japão. Nesse ensaio, os autores compararam o crescimento do fruto e a tensão matricial de água no solo, constatando que com valor acima de 25 kPa, a taxa de crescimento do fruto servia como um indicador da tensão de umidade no solo. Correlações semelhantes foram encontradas por BAIN (1958). HARDING *et al.* (1954) citado por SALTER & GOODE (1967), consideram que períodos de baixa precipitação, baixas temperaturas ou extrema taxa de transpiração, em certos estágios de desenvolvimento da fruta, podem afetar o seu tamanho, mas não obtiveram correlações significativas entre tamanho de fruta e precipitação.

ESSELEN (1937) preconiza que irrigação elevada, na tentativa de aumentar o tamanho de 'grapefruit', pode resultar na lixiviação de nutrientes, e obter-se como resultado uma baixa taxa de frutas. A prática de irrigação nos citros, na época da floração e logo após o início do desenvolvimento do botão floral, foi observada por alguns autores reduzindo a produção (SITES *et al.* 1951; KOO, 1958). Uma

possível explicação, segundo KOO & SITES (1955), seria devido a deficiência de nitrogênio, causada pela lixiviação.

CAHOON *et al.* (1961) ofereceram comparáveis conclusões para laranja Bahia enxertadas em laranja doce comparando freqüências de irrigação de 3 e 6 semanas. Observações nos anos de 1934 a 1957 com irrigações mais freqüentes resultaram em aumento de 20% nas safras. Observaram também que o desenvolvimento radicular era mais superficial quando comparado com aquele de irrigação menos freqüente.

O crescimento e produtividade das árvores cítricas são afetados diferentemente pelo suprimento de umidade (KRIEDEMANN & BARRS, 1981). MAOTAMI *et al.* (1977) notaram que frutos de laranja Satsuma pararam de crescer quando o potencial nas folhas atingia -8 bar. Mínimo potencial na folha e máxima resistência difusiva medidas entre 13 e 14 h foram também relacionadas como o para crescimento de fruto, o qual parou quando alcançaram -1,7 mPa e - 16 s/cm, respectivamente.

Apesar do déficit hídrico ser o principal fator afetando a taxa de crescimento do fruto, outros, tais como a temperatura do solo e a umidade do ar também têm papel importante.

Quando citros são produzidos sob irrigação, pode ocorrer que a melhor qualidade é usualmente produzida sob regimes que são subótimos para produção, em termos de quantidade. CAHOON *et al.* (1964) observaram também certas desordens diretamente atribuídas ao excessivo turgor no fruto. De fato, uma vez que a safra de uma estação tenha sido estabelecida, moderado déficit hídrico tem conduzido a maiores teores de sólido solúvel na colheita e casca mais fina (KRIEDEMANN & BARRS, 1981).

2.5. Modelagem e previsão da produção de citros

Mais recentemente, modelos têm aparecido como uma ferramenta útil em estudos integrados de agroclimatologia com objetivo de orientar práticas como a irrigação possibilitando simular o efeito da quantidade de insumos e a correspondente projeção de benefícios ou prejuízos.

Por causa da praticidade técnica, estudos de regressão são os métodos mais comumente utilizados para previsão de safras. Um largo número de modelos têm sido desenvolvidos para culturas individuais (CAMARGO, 1984).

O desenvolvimento de modelos que relacionam clima com produção podem ser importantes para o planejamento e elevação da produtividade agrícola. Como desvantagem, necessitam da obtenção de dados meteorológicos, mais ou menos completos, conforme a análise, e com séries de grande número de anos (SILVA *et al.*, 1986). Porém seus resultados têm de abrangência regional.

O desenvolvimento e disseminação de modelos são grandemente auxiliados com a informatização, aquisição de dados por satélites e melhor aparelhamento dos postos meteorológicos (PEREIRA, 1987).

Os principais modelos desenvolvidos no Brasil atualmente, utilizam amostras de dados de produção, clima, solo, de uma área com a análise de regressão por mínimos quadrados, visando produzir os coeficientes da equação (SILVA *et al.*, 1986). Os coeficientes destes modelos empíricos e a validade das estimativas dependem grandemente da escolha do modelo, das variáveis e da representatividade dos dados utilizados (PIMENTEL, 1985).

As variáveis independentes geralmente consideradas, têm sido a precipitação pluviométrica (BRUNINI *et al.* 1982) ou variáveis agrometeorológicas derivadas, como por exemplo índices de deficiência hídrica (SILVA *et al.*, 1994).

BRUNINI *et al.* (1982) utilizaram a relação entre a evapotranspiração real e a potencial (ETR/ET) e água disponível no solo analisando variações de

produtividade de soja. Os autores introduziram um fator de correção para excedente hídrico. O modelo baseia-se na penalização da produtividade devido ao déficit hídrico.

Se as condições de clima, solo e práticas tecnológicas agrícolas são bastante homogêneas na área representada pelos dados e se as condições geográficas são adequadamente ponderadas nas equações, pode-se esperar que os coeficientes e as estimativas de rendimento tenham significação prática (PEREIRA, 1987).

Tentativas de se quantificar o efeito do clima têm sido feitas com várias culturas. Resultados positivos, em São Paulo foram obtidos em café (CAMARGO *et al.*, 1985; WEILL, 1990), soja (ARRUDA *et al.*, 1976; CAMARGO, 1984), feijão (ARRUDA *et al.*, 1980), entre outros.

WEILL (1990), pesquisando a produção de café, avaliando fatores de solo, clima e manejo obteve modelo que explica 73% da variação observada em 11 lavouras de café situadas no Estado de São Paulo, com coeficiente de determinação de 85%. O modelo utiliza as seguintes variáveis preditoras: a safra anterior, pela característica de forte alternância entre safras bianuais de café, a idade do cafeeiro, as temperaturas mínimas ocorridas no trimestre maio-junho-julho, teores de textura do solo e o manejo avaliado através do pH, se há calagem.

Para atender à demanda de previsões confiáveis de volume de produção de principais culturas no Estado de São Paulo, o Instituto de Economia Agrícola e a CATI, fazem levantamentos de campo utilizando questionários (SILVA *et al.*, 1986). Porém, eles não se valem das informações meteorológicas regionais disponíveis para embasar os levantamentos feitos no campo. Alguns exemplos de modelos obtidos para estimativa do rendimento de laranja no Estado de São Paulo, utilizam outras variáveis preditoras como, pesquisas de intenção de plantio, preço recebido pelo produtor (tendo influência direta, pois sendo favorável há investimentos em

adubações e tratamentos fitossanitários) que têm sido pesquisadas rotineiramente pelo IEA.

Os mesmos autores, SILVA *et al.* (1994), em trabalho de abrangência estadual, optaram por introduzir a variável tendência temporal como forma de captar a influência de fatores como depauperamento do solo por erosão, competição com a cana de açúcar nas substituições de pomares cítricos, entre outras importantes variáveis, quando se analisa uma série grande de anos.

Quanto ao clima, SILVA *et al.* (1994) preferiram utilizar as mais freqüentemente registradas nos postos meteorológicos do estado: temperatura e precipitação. Para evitar a conhecida interação entre estas variáveis, utilizaram uma variável derivada: a deficiência hídrica obtida do cálculo do balanço hídrico. As deficiências hídricas de cada localidade foram agregadas através de uma média ponderada, em relação à área total da cultura no Estado. Os melhores resultados foram obtidos com armazenamento de 50 mm de água no solo indicando que os meses de dezembro, fevereiro, abril, maio e setembro foram os mais influentes sobre o rendimento. Comparou-se as estimativas com levantamentos de campo pelo IEA e CATI, obtendo previsões bem ajustadas.

SILVA *et al.* (1986) comentam a respeito do mês de maio as relações estudadas por WESTPHALEN *et al.* (1974) no Zoneamento Agroclimático para o Rio Grande do Sul, sobre o efeito das temperaturas de solo e sobre o estresse hídrico ainda que a planta tenha suficiente umidade no solo.

Outros fatores climáticos como temperaturas extremas podem ter seu efeito avaliado neste enfoque de modelagem empírica, descrevendo por exemplo a ocorrência de geadas.

Segundo ORTOLANI *et al.* (1991), a maioria dos modelos agrometeorológicos de previsão de safras e de produtividade dos citros são estudos do tipo "empírico-estatísticos". Um exemplo é o trabalho de PINO *et al.* (1986) que basea-

ram o modelo de previsão no levantamento por idade do pomar de citros. TUBELIS e SALIBE (1986), mostram que a produção da laranja Hamlin é função da idade e do regime de chuva. Encontraram correlações entre a distribuição pluviométrica ao longo dos meses e a produção, para a região de Botucatu, estabelecendo equações para previsão com alguma antecedência. TUBELIS E SALIBE (1989), publicaram modelos de produtividade admitindo constantes os tratos culturais. A produção seria considerada função da idade do pomar e do regime de chuva, numa série de dados analisados do 7º ano de idade ao 17º. A título de exemplo, escrevemos a expressão utilizada pelos autores que permitiu estimar a produtividade da laranja Hamlin para previsão em setembro, com coeficiente de determinação de 96 %:

$$\text{Hamlin/limão Cravo} = 94,60 + 10,105 i - 0,2141 P \text{ jan} + 0,514 P \text{ fev} - 1,1283 P \text{ set}$$

onde, i é a idade em anos e P as precipitações dos meses correspondentes.

Na equação, o sinal negativo nos coeficientes está indicando que as chuvas causaram diminuição da produção. Segundo os autores, uma boa colheita de Hamlin deve ser precedida de um mês de setembro sem chuvas. Uma possível explicação seria a incidência de doenças (*Colletotrichum*), complicando o calendário fitossanitário durante a floração. Entre os estudos realizados com citros, GALLO *et al.* (1977), em experimento em Cordeirópolis não encontraram associação entre resultados dos balanços hídricos e a produção anual dos respectivos anos agrícolas nem dos anos seguintes, analisando os dados de produção de clone velho de Baianinha.

JONES & CREE (1965) observaram grande variação entre produções de laranja Bahia. Citam variações de 26 até 150 kg /árvore e que se apresentaram negativamente correlacionadas com o ano prévio da safra e com a temperatura máxima logo após o florescimento. Comparáveis interações na Austrália encontraram MOSS & MUIRHEAD (1971). Em experiência com a laranja Bahia e a

variedade tardia Valência, os mais consistentes preditores foram temperatura e a taxa de evapotranspiração de novembro. Depois dos efeitos devido a idade das árvores e da produção anterior, 44,5 % da variabilidade remanescente na Valência foi atribuída à temperatura e 32,1 % devido às condições evaporativas. No caso da Bahia, respectivamente 52 % e 39,4 %.

Evidências de que os principais fatores da queda prematura de frutos (chamada de "june drop") na Califórnia seriam o déficit hídrico e condições de elevada taxa de evapotranspiração foram relatados por BREWER *et al.* (1973).

Em todos os trabalhos aqui mencionados, nenhum deles possuía valores reais de umidade no solo, para uma melhor estimativa do consumo de água da cultura, (como neste ensaio conduzido pelo IAC, com acompanhamento operacional da umidade do solo através de amostragens periódicas para controle de irrigação). Porém, resultados significativos foram atingidos pelos vários autores.

Apesar da crescente importância da citricultura brasileira, existem poucos trabalhos que associem variáveis meteorológicas com a fenologia dos citros e sua produção econômica. Pouco se sabe sobre a influência que a produção de um ano exerce sobre a do ano seguinte, ou sobre a resposta dos citros à água em um determinado estágio de desenvolvimento.

Enquanto produções são geralmente reduzidas por deficiência hídrica no solo, algumas tentativas têm sido feitas para quantificar essa relação. BIELORAI & LEVY (1971) encontraram que produções de 'grapefruit' foram significativamente reduzidas quando o número de dias de seca (dias em que o potencial da água no solo esteve abaixo de -100 kPa) excedia 60 dias seguidos. Quando o número de dias não ultrapassava 60 e o potencial do solo não caía abaixo de -400 a -500 kPa, produções eram reduzidas de 10% no máximo.

SHALHEVET *et al.* (1978) demonstraram a correlação positiva entre produção e quantidade de água utilizada para culturas anuais e pomares de laranja

e 'grapefruit'. As equações foram derivadas de um total de 20 ensaios. Nas culturas algodão e sorgo a correlação foi alta e cerca de 90 % da variação na produção foi atribuída às diferenças da ET e lâmina de irrigação aplicada. Para laranjas e 'grapefruit' apenas 50 % da variação na produção poderia ser assim atribuída. Comparada com as culturas anuais a natureza perene dos citros torna a relação mais tênue, porque a época de aplicação da irrigação pode ser crucial para o desenvolvimento reprodutivo, estabelecimento e crescimento do fruto. O desenvolvimento das árvores em uma estação influencia a extensão do sistema radicular e crescimento da parte aérea com efeito nas produções sucessivas. SHALHEVET *et al.* (1978) identificaram uma fundamental diferença entre as culturas anuais e citros em termos de resposta de produção ao teor de umidade no solo. Nas culturas anuais quando a matéria seca produzida foi representada com função de ETR / ET a função passa próxima à origem. Porém para 'grapefruit' o valor de interseção indica a necessidade de uma quantidade limite de água para produzir alguma biomassa como um pré-requisito para uma produção econômica. A inclinação para algodão e sorgo mostra que o incremento em suas produções relativas é o dobro de sua transpiração relativa (ETR/ET). Para os citros, a relação é somente 1:1 segundo os autores, devido a baixa capacidade fotossintética da folhagem de citros.

DI GIORGI *et al.* (1991) estudaram dados de produção e fenológicos de pomares situados na região norte do Estado de São Paulo. Os principais aspectos considerados foram: número de botões, flores, tipos de inflorescência por ramo. Observaram que a modelagem para estimativa de produtividade de citros deve contemplar um índice que relacione a intensidade de florescimento e outro que indique a efetivação dos frutos na árvore. Consideraram a soma de temperaturas abaixo de $13^{\circ} C$ e deficiência hídrica total dois meses após o florescimento. Para a

Hamlin obtiveram a relação matemática entre a porcentagem da produção relativa a frutos de primeira florada (I) e a precipitação em setembro outubro (CHSO) :

$$I = 106,2 - 0,115 \times \text{CHSO}$$

Nesse modelo verificaram que para a variedade Hamlin a precipitação em setembro outubro relacionou negativamente com a produção.

2.6. Estimativa do consumo de água do solo para citros

O resultado positivo da irrigação depende entre outros requisitos, do conhecimento da demanda hídrica do cultivo. Para isso existe uma extensa metodologia que pode ser utilizada na determinação da ETR ou na sua estimativa através da evapotranspiração potencial (ET), sendo no entanto necessário o uso de coeficiente adequado, o coeficiente de cultura, k_c (DOOREMBOS & PRUITT, 1977). COHEN (1991) comparando estimativas de evapotranspiração com base climatológica e tanque classe A, encontraram coeficientes de correlação de 0,74 para valores medidos diariamente, 0,89 para semanal e 0,96 para períodos de comparação mensais. Os valores diários do tanque classe A foram cerca de um milímetro mais altos que os calculados pela equação de PENMAN. Ambos os métodos podem ser utilizados em modelos correntes de manejo de irrigações, possibilitando aos produtores a seleção do tipo de aparato que poderia adquirir.

A evapotranspiração de uma cultura como dos citros, do tipo arbórea geralmente é um parâmetro difícil de ser medido (KOO, 1958) sendo comum a utilização de valores estimados. As estimativas obtidas geralmente de modelos agrometeorológicos mais ou menos complexos como por exemplo os de PENMAN (1948) ou de THORNTHWAITE & MATHER (1955) ou através de aparelhos mais simples como o tanque Classe A. Esses resultados precisam ser ajustados pelo coeficiente de cultura (k_c).

As referências na literatura sobre o coeficiente k_c para os citros são escassas, nas publicações nacionais e mundiais. Duas importantes publicações da FAO, DOOREMBOS & KASSAM (1979) e DOOREMBOS & PRUITT (1984) fizeram uma síntese para as diferentes condições de cultivo e estágio de crescimento da cultura, ao longo do ano:

jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
0.75	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65	0.65	0.70	0.70	0.70	0.75

Segundo RIBEIRO (1993), para as condições de Limeira em solo litólico de textura variada, o limão tahiti sobre porta-enxerto limão Cravo com 3 anos e meio de idade e formado sem irrigação, o coeficiente de cultura k_c , variou em média de 0,61 a 0,90 durante o ano. Em seu trabalho, as determinações de umidade do solo tinham a finalidade de controle e manejo da microaspersão, portanto o coeficiente de cultura obtido foi denominado k_c operacional.

PIRES (1992) apresentou algumas considerações para manejo de irrigação com utilização do balanço hídrico, através de ajustes no k_c , aumentando ou diminuindo conforme o solo mais seco ou úmido.

No Arizona, HILGEMAN E VAN HORN (1954) determinaram a razão entre a evapotranspiração (ET) e a evaporação (EV) do tanque Classe A. Esses resultados variaram de 0,45 em janeiro à 0,58 em julho. No sul da Califórnia durante o verão, REEVE E FURN (1941) obtiveram razões entre ET/EV mais baixas, de 0,25 para 0,30, sendo que às medidas em tanque evaporimétrico, eram feitas em tanque raso de fundo preto. KALMA (1972) acompanhando balanço hídrico e variações da umidade do solo em um pomar de laranja em Israel, plantado com espaçamento 4 x 4 m encontrou valores médios de ET/EV de 0,54. As taxas de ET variaram de 1 mm no inverno a 4,4 mm verão. No Arizona, VAN BAVEL *et al.* (1966) estimaram ET/EV de 0,66 para um pomar maduro. Taxas diárias de ET, no Arizona, variaram de 0,9 mm no inverno a 5,3 mm verão.

Baseado nas condições culturais do sul da Austrália, com clima mediterrânico e em solos de textura leve, FLEMING (1964) sugeriu valores de $k_c = 0,7$ durante a estação de crescimento, $0,6$ no outono e $0,5$ no inverno. Os valores observado de k_c para citros são menores do que para várias outras culturas, conforme observado por FLEMING (1964) ou por JENSEN E HAISE (1963). Essas baixas taxas de evapotranspiração têm sido atribuídas pela influência combinada de alta resistência à difusão de gases nas folhas (KAUFMANN, 1977) e baixa condutividade hidráulica na rede vascular da árvore cítrica (CASTLE & KREZDORN, 1978).

Conforme observado, os resultados de consumo de água e k_c são muito variáveis. A idade das plantas, as condições de cultivo, a combinação copa porta-enxerto, solo e clima, são elementos que dificultam a obtenção de valores práticos para uso extensivo na orientação da irrigação. A quantidade de água necessária à cultura, e que se pode aplicar na forma de irrigação, pode ser calculada estimando-se a evapotranspiração potencial de referência e multiplicando-se por um fator (k_c), que representaria a demanda ideal, favorecendo a obtenção de elevadas produções. Na estimativa da evapotranspiração para projetos de irrigação, segundo PIRES (1992) a utilização de valores médios mensais requerem algumas avaliações. A autora cita ARRUDA & BARROSO (1984). Em condições de clima subtropical, o valor médio mensal possivelmente poderia subestimar a real demanda por incluir em seu cálculo as baixas evaporações de dias chuvosos e nublados.

JENSEN (1969) atentou para a importância do molhamento da superfície do solo e do déficit hídrico no valor estimado de k_c . Esses autores introduziram uma nova conceituação e equacionamento de k_c , posteriormente aperfeiçoado por WRIGHT (1982) e outros. Há também indicações concretas da dependência do k_c ao índice de área foliar e a porcentagem de cobertura vegetal, conforme estudado por MELLO (1992) e por MEDEIROS (1996).

3. Material e métodos

A investigação utilizou dados do ensaio de dois tipos de copa (laranjas Baianinha e Hamlin) e dois porta-enxertos (laranja Caipira e limão Cravo). O experimento foi instalado na Estação Experimental de Pindorama sob orientação dos pesquisadores Dr. Ody Rodriguez do da Seção de Citricultura e Dr. Geraldo Barreto da Seção de Irrigação e Drenagem do Instituto Agronômico de Campinas, entre outros pesquisadores e técnicos envolvidos no experimento.

3.1. Características do local

A região em estudo está localizada na região Noroeste do Estado de São Paulo, a 21° 13' de latitude Sul e 48° 56' de longitude Oeste e a uma altitude de aproximadamente 560 metros, no sul do município de Pindorama.

3.2. Clima

O clima da região enquadra-se no tipo Aw da classificação de KÖPPEN, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Normalmente apresenta uma estação chuvosa de outubro a março, com 1080 mm com temperaturas médias entre 22 °C e 25 °C, e uma estação mais seca, de abril a setembro, com 267 mm e temperatura média entre 19 °C e 23 °C.

A caracterização do clima no local da pesquisa, no período de 11 anos , foi efetuada com registros meteorológicos do posto localizado a 400 metros dentro da Estação Experimental de Pindorama, e de observações pluviométricas obtidas no pomar. O pomar tinha orientação norte.

3.3. Solo

O solo do pomar foi descrito como Podzolizado de Lins e Marília, variação Marília, Unidade Pindorama segundo LEPSCH & VALADARES (1976). São solos descritos como profundos, bem desenvolvidos com alta saturação de base, com gradiente textural de caráter abrupto.

3.3.1. Amostragem de umidade

A determinação periódica da umidade do solo era feita pelo método gravimétrico e pelo gráfico de variação da disponibilidade de água no solo, utilizada para a estimativa das irrigações. A água disponível do solo foi calculada por:

$$H = \frac{(Cc - Pmp)}{10} * dg * pef$$

onde,

H: altura líquida, mm

Cc: Capacidade de campo, % peso

Pmp: Ponto de murchamento permanente, % peso

dg: densidade global do solo, g / cm³

pef: profundidade, mm

As amostras de umidade do solo durante o ensaio foram tiradas com auxílio de amostrador tipo VEIHMEYER, a intervalos de 14 dias em média, e nas profundidades de 0-25, 25-50, 50-75, 75-100 cm em todos os blocos entre as linhas de plantas. As amostras obtidas eram colocadas em latinhas apropriadas, pesadas e colocadas na estufa mantida a uma temperatura de 105 °C por um período de 24 a 48 horas aproximadamente. Após nova pesagem determinava-se a porcentagem de umidade existente nas amostras. Com os resultados obtidos construíram-se curvas de balanço da água no solo tanto para os canteiros irrigados quanto para os não irrigados. Essas curvas permitiam prever com certa antecedência a época em que

se deveria realizar a irrigação ou mostravam a conveniência de uma nova amostragem do teor de umidade presente no solo.

3.4. Delineamento experimental do pomar

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcela subdividida (split-plot): com 4 repetições e 32 plantas úteis por parcela. O experimento com citros foi instalado no ano de 1963, na área da Estação Experimental de Pindorama. O espaçamento adotado no plantio foi de 7 m entre linhas e entre plantas, porém variável para adaptar às curvas de nível. Corresponderia à população de 204 árvores por hectare. Na época RODRIGUEZ (1972) recomendava espaçamentos 7 x 7 m deixando à disposição da planta 45 a 56 m quadrados para desenvolvimento.

O pomar foi irrigado nos primeiros anos, para formação, por aspersão convencional. Posteriormente foram introduzidos os dois tratamentos: inicialmente irrigado e não irrigado. O sorteio para parcelas irrigadas foi feito em 1968, sendo a colheita de 1969, a primeira para o ensaio. Por problemas na barragem, as irrigações cessaram em outubro de 1973.

O pomar foi formado com laranjas, conforme os subtratamentos abaixo descritos:

1. Baianinha / Caipira.
2. Baianinha / Cravo
3. Hamlin / Caipira
4. Hamlin / Cravo.

Foi utilizado bordadura de laranjas Westin em combinação com limão Cravo.

Os seguintes tratos culturais foram normalmente feitos no experimento: capinas (mecânicas ou manuais) quando necessário e, de acordo com as possibilidades, as adubações completas eram feitas anualmente.

3.4.1. Tratamento de irrigação

As irrigações foram realizadas por meio de aspersores sobrecopa instalados na área (linhas móveis), no espaçamento de 12 x 12 m. A vazão, era medida com um hidrômetro na linha principal.

As irrigações eram realizadas em dois dias para cobrir toda a parcela irrigada. Embora o intervalo das irrigações tenha sido projetado para 14 dias, elas se realizaram com frequência diferente em razão da ocorrência de chuvas no período, caracterizando-se como complementar. O objetivo das irrigações era de suprir umidade ao solo quando houvesse sido exaurido até 70% da água disponível, conforme indicasse o acompanhamento gráfico resultante das amostragens de umidade periódicas. Conforme desenho do projeto de irrigação do pomar, cada canteiro foi irrigado por dois aspersores, um para cada sub-parcela. A pressão de trabalho foi mantida tanto quanto possível dentro dos limites recomendado pelos fabricantes. Cada bloco era irrigado em 2 posições sucessivas de 1 linha lateral que continha 2 aspersores em operação simultânea.

A quantidade de água aplicada foi medida com auxílio de um hidrômetro. Também o controle da quantidade de água aplicada era feito com ábaco próprio do aspersor conhecendo a intensidade de precipitação horária em função do espaçamento e da pressão manométrica lida.

Com o objetivo de facilitar a computação do tempo de operação foi construído um nomograma de linhas paralelas em função da quantidade total a ser aplicada e da intensidade de precipitação, adaptações eram feitas quando houvesse necessidade de alterações na pressão de funcionamento para atenuar a interferência do vento ou por apressar as irrigações (BARRETO, 1968). As irrigações tinham o tempo de operação em média de 9 horas por 2 dias para cobrir toda parcela irrigada aplicando uma lâmina bruta correspondendo a cerca de 70 mm. Não há relato a respeito de uniformidade de aplicação. Desvios desse critério ocorreram por necessidade de conserto do gerador com ligeiros atrasos à irrigação programada (BARRETO, 1972).

3.5. Características das copas

Laranja Baianinha, *Citrus sinensis* Osbeck

Árvores de porte médio a grande, com copa arredondada e folhagem abundante. A produtividade é muito boa, estimada em 250 kg de frutos por planta. A cultivar foi melhorada no Instituto Agronômico de Campinas. Foi descrita como atingindo grande crescimento, 5 m. de altura por 6 m de diâmetro, alta produção, mas irregular. Comumente apresentando alternância, entre safras consecutivas (RODRIGUEZ, 1972). Os frutos têm a forma quase esférica, normalmente não apresentam sementes e pesam em média 168 g. Seus frutos são destinados aos mercados interno e externo e também à indústria de suco concentrado. A participação percentual da variedade, em número de plantas está dentro dos 2 % relativos ao grupo Bahía. A Baianinha produz frutos de maturação precoce à meia estação, de meados de abril à julho. No exterior é conhecida como "Navel".

Como principais porta-enxertos para essa cultivar são indicados o limão Cravo (combinação sujeita à "declínio") e laranja Caipira (FIGUEIREDO, 1991).

Laranja Hamlin, *Citrus sinensis* Osbeck

Variedade precoce, árvores grandes, com copa cônica e folhagem abundante. A produtividade é excelente, podendo alcançar 300 kg de frutos por planta. A cultivar foi melhorada no Instituto Agronômico de Campinas, seus frutos têm a forma ligeiramente ovalada, quase esférica, com sementes e peso médio de 130 g. Seus frutos são destinados à industrialização principalmente. A participação percentual dessa variedade, no Estado de São Paulo em número de plantas, está estimada em 3 % do grupo das laranjas. Os frutos da Hamlin são de maturação precoce à meia-estação, de abril a meados de julho. Com os porta-enxertos laranja Caipira e limão Cravo forma combinação sujeita a "declínio dos citros" (FIGUEIREDO, 1991).

Laranja Westin, *Citrus sinensis* Osbeck

Árvores grandes, com copa arredondada e folhagem abundante. Sua produtividade comum atinge cerca de 250 kg de frutos por planta. A cultivar foi melhorada no Instituto Agronômico de Campinas. Seus frutos são de forma esférica, com sementes e de peso médio de 145 gramas. Seus frutos destinam-se para consumo ao natural ou para suco concentrado. A participação percentual da variedade, em número de plantas, é pequena. A época de colheita dessa cultivar, de maio a meados de agosto, define-a como de meia-estação. Como porta-enxerto, é indicado o limão Cravo (sujeita a “declínio”).

O comportamento dos diferentes porta-enxertos é conhecido com relação à sua resistência à seca: maior para o limão Cravo e menor para a laranja Caipira.”O porta-enxerto laranja Caipira influencia grande desenvolvimento aos enxertos e é de grande sensibilidade à seca; o Cravo, de maior resistência à seca, já induz plantas pouco menores.”(RODRIGUEZ, 1972)

3.5.1. Colheitas e produção

As colheitas foram realizadas no mês de julho, na maioria dos anos. Posteriormente à colheita, foram contados os frutos de cada planta, e somados nas parcelas.

3.6. Balanço hídrico climatológico

A avaliação da disponibilidade hídrica em períodos decendiais foi efetuada através do cálculo de balanço hídrico seriado. O método utilizado foi o de THORNTHWAITE & MATHER (1955), considerando uma capacidade de armazenamento no solo de 75 mm. Nos cálculos, foram usadas os valores acumulados de precipitações e as médias decendiais das temperaturas médias, para o intervalo em análise, observando também a ocorrência de eventos extremos, como por exemplo, a geada.

3.7. Balanço hídrico de campo

Estimou-se o consumo de água pelo pomar através do balanço hídrico no campo, resultante das amostragens de solo para controle de irrigação.

A equação do balanço hídrico de uma camada de solo até uma profundidade z em determinado período de tempo (dias) t_2-t_1 , baseia-se no princípio de conservação de massa (REICHARDT, 1985)

$$ETR = P + I + D + R + \Delta A$$

onde os termos avaliam os vários processos de fluxo da água no solo:

P : precipitação (mm)

ETR : evapotranspiração

I : irrigação (mm)

D : drenagem profunda (mm)

R : escoamento superficial (mm/dia)

ΔA : variação no armazenamento na camada de solo de profundidade z em um intervalo de tempo $t_2 - t_1$ (mm)

A análise foi realizada principalmente em períodos de inverno, com o critério de selecionar períodos com pouca ou nenhuma chuva efetiva. O balanço hídrico no campo foi simplificado na análise. O escoamento superficial não foi considerado pois havia pouca declividade no terreno, menor de 3 %. O pomar foi plantado em curvas de nível, aliado a alta velocidade de infiltração ($K > 15\text{mm/hora}$), característica de solo podzólico com camada superficial arenosa. Da mesma forma, para a drenagem profunda foi assumido que durante os períodos selecionados de **secamento** do solo esse termo teria valores desprezíveis. Embora a drenagem profunda possa representar uma fração significativa no balanço hídrico (SAKAI, 1989; PEREIRA, 1974), a grandeza do erro envolvido depende de alguns fatores: intensidade e volume de precipitação, permeabilidade e umidade do solo, entre outros. SAKAI (1989), em estudo de balanço hídrico de campo em feijoeiro

observou que as chuvas e irrigações ocorridas imediatamente antes do período em análise, associadas com a umidade do solo, afetaram a magnitude das taxas de drenagem profunda, em períodos úmidos.

A equação simplificada do balanço hídrico no campo utilizada foi:

$$P + I \pm \Delta A = ETR$$

3.7.1. Variação no armazenamento de água no solo

Na avaliação dos componentes do balanço hídrico no campo considerou-se uma profundidade para análise de até 100 cm. A distribuição do sistema radicular dos citros (MONTENEGRO, 1960; MONSELISE, 1947) atinge profundidades efetivas com maior concentração na camada 0 a 60 cm. Porém como o enfoque é em períodos de restrição hídrica, admitiu-se que o consumo se estendesse até camadas mais profundas (HILGEMAN, 1959).

A variação no armazenamento de água no solo foi estimada a partir de perfis consecutivos de umidade em volume, obtidos em intervalos variáveis, e em média de 14 dias. Utilizou-se o método gravimétrico, com amostras coletadas com trado nas profundidades 0-25, 25-50, 50-75 e 75-100 cm, com 8 repetições por parcela.

Para a estimativa do armazenamento no solo (A), foi empregada a expressão:

$$A = U \% (\text{peso}) * dg * Z$$

onde A : umidade volumétrica (mm) até a profundidade Z (cm)

dg : densidade global g/cm³

A variação no armazenamento ΔA durante um período $t_2 - t_1$ foi determinada por:

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

sendo A_1 e A_2 os armazenamentos de água no solo (mm) nos tempos considerados.

3.7.2. Precipitação pluvial e irrigação

A precipitação pluviométrica utilizada foi a precipitação registrada em 24 horas obtida pelo posto meteorológico da Estação, situado a 400 m do pomar.

As lâminas de irrigação foram obtidas a partir dos valores registrados pelos hidrômetros assumindo uma eficiência de irrigação de 70% , e que esta seria uniforme nas parcelas irrigadas.

3.8. Coeficiente de cultura operacional

O coeficiente de cultura adotado foi denominado operacional porque foi obtido à partir de amostragens pontuais de umidade do solo para o controle das irrigações.

O coeficiente de cultura foi obtido, nas condições de campo, pela relação :

$$k_c \text{ op} = ETR/ET$$

onde ETR é a evapotranspiração real medida no intervalo em análise e ET é a evapotranspiração potencial ou de referência, calculada pelo método de PENMAN modificado, adaptada para o Estado de São Paulo por VILLA NOVA & OMETTO (1981).

Os dados climáticos foram organizados por períodos de amostragens associando valores médios, acumulados ou extremos que fossem representativos.

3.9. Análise estatística da produção

Foi feita a análise da variância da produção de cada ano, segundo o modelo de blocos casualizados com parcela subdivida e o estudo comparativo das médias, através do teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. Os dados foram transformados em raiz quadrada conforme TEÓFILO SOBRINHO (1972) e COELHO (1969). A análise estatística foi obtida utilizando o programa computacional SANEST (ZONTA 1989).

As colheitas se realizaram na maioria dos anos em julho. Foram feitas em coletas de dois dias, sem distinção entre tratamentos. Os frutos colhidos foram contados e pesados, nas datas relatadas a seguir:

1969	2 e 16 de abril
1970	14 a 23 de julho
1971	20 de maio
1972	12 de junho
1973	2 de julho
1974	8 e 10 de julho
1975	14 e 17 de julho
1976	10 a 14 de junho
1977	27 de junho, 4 e 6 de julho
1978	4 de setembro
1979	15 e 16 de agosto

Os dados de produção são apresentados em quilos e número de frutos por árvore, além do peso médio do fruto.

3.10. Avaliação da influência do clima

O efeito isolado de cada fator nas produções foi estudado por correlações simples. O efeito integrado dos diversos fatores nas produções foi investigado pelo resultado das análises de regressão múltipla. Análise similar foi feita com sucesso no café por WEILL, (1990).

A quantificação parcial da influência dos atributos climáticos no desempenho do pomar no período foi efetivada estabelecendo matrizes de correlação linear simples da produtividade anual com os diversos parâmetros meteorológicos. Os parâmetros do rendimento considerados para as análises foram principalmente a produção em peso total, resultado do número de frutos (que é determinado quando do florescimento e no pegamento do fruto) e do peso médio dos frutos. Os dados climáticos foram organizados em períodos mensais aproximadamente associados com as fases fenológicas das variedades precoces de laranja (BEN MECHLIA & CARROLL, 1989). Também foram analisados sistematicamente todos os componentes do balanço hídrico: primeiramente as precipitações, (P - ET), déficits e excessos. As informações foram organizadas por intervalos de tempo associando valores médios, acumulados ou extremos que fossem representativos, e também integrando os valores, para que representassem a área em função do tempo.

Nas matrizes, a produção do ano foi correlacionada com os registros meteorológicos do ano anterior e dos meses do ano até a data da colheita, utilizando nomenclatura conforme TUBELIS (1989), denominando 1 a 12 para janeiro a dezembro do ano anterior à colheita, e de 13 a 18, respectivamente para os meses de janeiro a junho do ano em que foi colhida a produção.

Os períodos significativos foram os que apresentaram coeficiente de correlação maior ou igual ao valor crítico estatístico para uma probabilidade de 5%. No caso, maior ou igual a 0,666 (PARKER, 1973).

A seguir foram realizados estudos de regressão múltipla utilizando o programa estatístico SANEST (ZONTA & MACHADO, 1984). No programa, empregou-se primeiramente o módulo denominado “máximo r^2 ” que seleciona sequencialmente as equações com maiores valores de coeficiente de determinação para número crescente de termos. Desta forma, foram obtidas equações com até 7 variáveis. Posteriormente foi investigado a inclusão de variáveis como idade e produção do ano anterior com o objetivo de melhorar o ajuste. Para isto foi empregado outro módulo do SANEST, o “stepwise”.

As equações geradas foram selecionadas de acordo com os seguintes critérios:

- o valor do coeficiente de correlação múltipla (r),
- a significância dos coeficientes pelo teste t ,
- a coerência da função observando graficamente os valores observados e estimados pela equação de regressão múltipla.
- a significância estatística pelo teste F.

4. Resultados e discussão

4.1. Condições climáticas ocorridas durante o ensaio

O regime térmico e os índices pluviométricos de Pindorama estão na faixa regional característica, identificada pelo Zoneamento Agroclimático de CAMARGO *et al.* (1974). A região é considerada apta com restrições hídricas sazonais para o cultivo de citros, déficits maiores que 60 mm e temperaturas médias anuais maiores que 17 °C.

4.1.1. Regime térmico

As temperaturas médias mensais, variaram entre 18 °C em julho e 26 °C em fevereiro, e a temperatura média anual variou entre 22 e 23 °C.

As maiores amplitudes de variação das temperaturas diárias, ocorreram no mês de agosto de cada ano.

Quanto às médias mensais das temperaturas máximas, os valores foram ao redor de 30°C. Nos meses de setembro e fevereiro ocorreram valores extremos superiores a 32°C, com frequência.

Durante o período em análise ocorreram anos atípicos com invernos mais amenos, em relação às temperaturas, e outros com temperaturas sempre mais baixas, como exemplo, os anos de 1968 e 1976.

No período analisado, ocorreram extremos de temperatura mínima de -0,2 °C em junho de 1975 e -0,8 °C em agosto de 1978, conforme dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do IAC.

Segundo FAGNANI e PINTO (1981), a temperatura de +2 °C registrada no abrigo meteorológico corresponderia a cerca de -4 °C na folha de cafeeiro. Temperaturas mínimas abaixo de 13 °C ocorreram sistematicamente principalmente no mês de maio durante os anos analisados, com poucas exceções. Os valores médios mensais das mínimas, no inverno estiveram em torno de 18 °C. A E.E. Pindorama se encontra em área mapeada com ocorrência de cerca de 230 horas de temperaturas mínimas abaixo de 13 °C (PEDRO JR, 1979)

4.1.2. Regime de precipitações

A precipitação pluvial foi obtida dos dados diários observados no posto meteorológico da Estação Experimental situado a 400 m e observados em pluviômetros junto ao pomar. Os resultados são apresentados na Figura 1. A média anual das chuvas em 15 anos, de 1964 a 1979, foi de 1300 mm. A precipitação normal anual (média de 30 anos da região é de 1347 mm). Durante o período considerado, na análise da produção do ensaio ou seja de 1969 a 1979, 79% das precipitações ocorreram nos meses de outubro a março, época das águas. Os restantes 21% ocorreram nos meses de abril a setembro, considerado o período da seca. A média mensal de precipitação do período das águas foi de 150 mm e do período da seca de 40 mm.

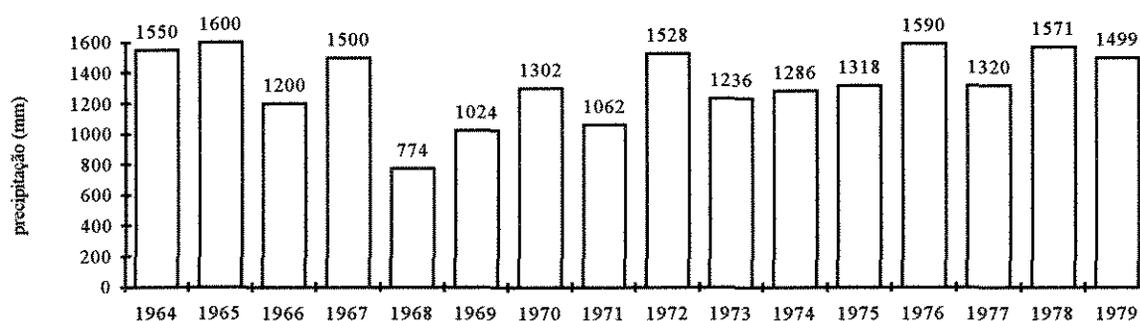


Figura 1 - Total de precipitação anual ocorrido, de 1964 a 1979 em Pindorama, SP

Na maioria dos anos em análise, diferem da pluviosidade normal de Pindorama de 1347 mm. Observou-se que em grande parte dos anos ocorreram menores precipitações do que a normal. Os anos de 1963, 1968 e 1969 foram excepcionalmente secos. Nos anos agrícolas de 1975/76 e 1978/79, ocorreram as maiores precipitações e possivelmente ocorreram também danos adicionais causados pelas geadas em junho e julho.

4.1.3. Balanço hídrico climatológico

O balanço hídrico realizado pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) com os dados normais de Pindorama está representado na Figura 2 para uma capacidade de armazenamento de 75 mm. Os valores normais acumulados de precipitação anual são de 1347 mm e de evapotranspiração potencial anual de 1100 mm. Os resultados indicam a ocorrência de um déficit acentuado de 116 mm concentrados nos meses de abril a setembro e de excedentes também de maior duração nos meses de novembro a março, de 390 mm. A média mensal de evapotranspiração potencial para o período das chuvas foi de aproximadamente 105 mm e 75 mm para o período mais seco.

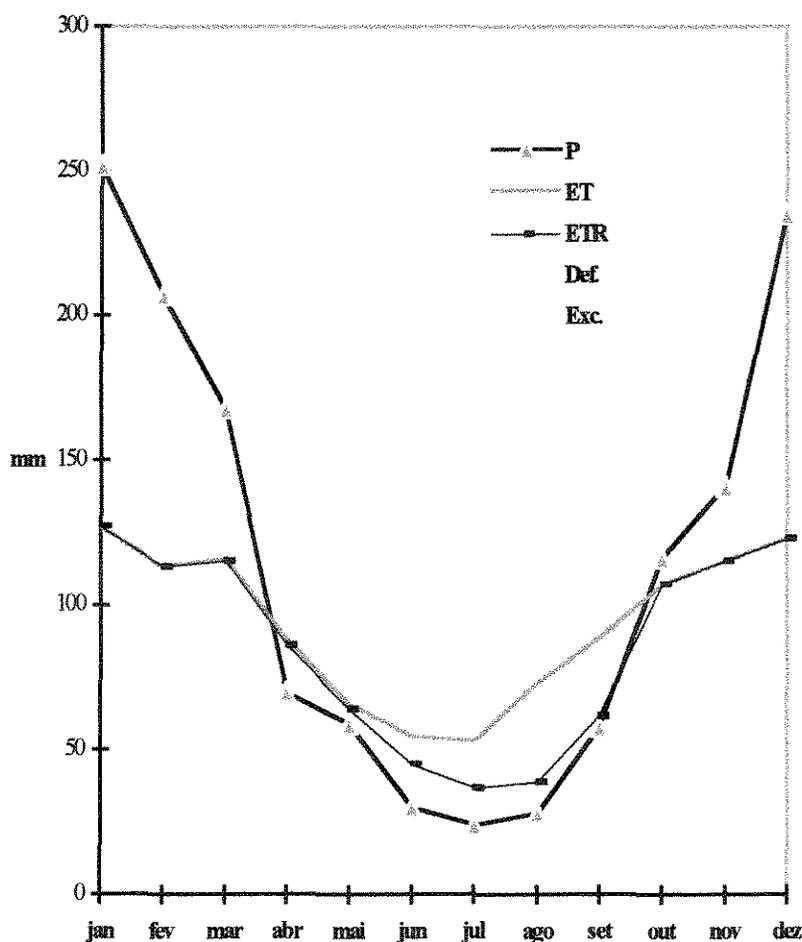


Figura 2. Balanço hídrico com as normais para Pindorama, SP, para uma capacidade de armazenamento de 75 mm.

SEQUEIRA (1990), estudou o balanço hídrico climatológico para a cultura dos citros para um período de 30 anos, calculando a demanda hídrica por Penman e corrigindo pelo coeficiente de cultura (k_c). Nessa análise, considerou períodos decendiais e vários níveis de armazenamento de água disponível no solo (30, 40, 50 e 75 mm) nas fases de repouso, florescimento. Encontrou para Pindorama, que só em 20% dos anos a água facilmente disponível (50 mm) não seria esgotada, isto é, dois em dez anos. Para abertura floral no final de setembro, a probabilidade de atendimento hídrico para Pindorama seria de apenas 55%. A deficiência hídrica se inicia em maio ou abril, configurando um período de duas vezes ao da duração necessária para a indução floral, resultando numa estação seca mais prolongada, podendo afetar a floração ou até o início da frutificação. A disponibilidade hídrica só melhora a partir de outubro, condicionando florescimentos mais tardios para Pindorama.

No caso dos excedentes hídricos, a região corresponde a um dos locais com maior duração dentre os estudados por SEQUEIRA (1990). Começando no início de dezembro e finalizando na primeira dezena de março, a probabilidade dessa ocorrência é de um ano em cada dois. Com o excedente, há risco de perda na qualidade dos frutos, ou ainda, de morte de raízes absorventes, mas por outro lado, pode garantir um benefício, diminuindo o risco de ocorrer deficiência hídrica no período final de crescimento dos frutos, pela reposição de água nesse período.

No período em análise, o início das estações chuvosas foi variável, em alguns anos, não havendo correspondência com o regime térmico. Esse fato pode condicionar variação no início e duração das fases do ciclo fenológico dos citros (TUBELIS, 1989).

4.1.4. Descrição do clima durante os anos agrícolas

Os balanços hídricos indicaram a ocorrência de períodos de seca de longa duração.

Ano agrícola 67/68:

O ano de 1968 foi extremamente seco, com precipitação total anual de 774 mm, muito abaixo da precipitação anual normal de Pindorama que é de 1347 mm. A deficiência hídrica em 1968 foi de 205 mm, três vezes superior à média (PEDRO Jr., 1994), ocorrendo nos meses de fevereiro a novembro, enquanto o excedente hídrico foi nulo. As temperaturas ao longo do ano foram semelhantes às normais.

Ano agrícola 69/70:

As chuvas caídas no decorrer dos meses atingiram índices inferiores aos padrões normais, principalmente no inverno com um período de estiagem prolongado da segunda dezena de março ao início de outubro. O déficit anual atingiu 100 mm, e o total anual representou menos 323 mm que a precipitação normal. O início da estação chuvosa foi atrasado, e novembro de 1969 foi excepcionalmente chuvoso. As temperaturas médias mensais durante o inverno foram ligeiramente superiores que o normal mas setembro obteve média cerca de 2,7 oC superior às esperadas.

Ano agrícola 70/71:

O início da estação chuvosa foi antecipado, ocorreram excessos em setembro outubro e déficits em janeiro e fevereiro. O índice pluviométrico de janeiro 1971 registrou o menor total mensal do período em análise, de apenas 64 mm comparado com a normal de 246 mm, e valores de temperatura máxima bastante elevados. As temperaturas de inverno foram habituais, não tendo sido registrados valores extremos excepcionais.

Ano agrícola 71/72:

O ritmo da disponibilidade hídrica seguiu o das chuvas, não indicando deficiência hídrica no período 1971/72. O ano agrícola foi normal, porém com

inverno mais chuvoso. Ocorreram precipitações na primeira dezena de maio e no meio de junho, precipitações consideráveis. Após dezembro, quando da ocorrência de chuvas mais intensas no verão, o solo esteve sempre próximo de sua capacidade máxima de retenção de umidade, ocorrendo algum excedente hídrico. Os resultados do balanço hídrico ao longo de todo ano 1971/72 (de julho 71 a junho 72) foram favoráveis e concordantes com observações de PEREIRA (1974) e MELLO (1989) em experimentos com cafeeiros na Estação Experimental de Pindorama. Para o ensaio de citros, durante o ano de 1971 foram necessárias apenas 2 irrigações, uma no mês de fevereiro, e outra no mês de agosto, segundo o critério utilizado.

Ano agrícola 72/73:

O início da estação chuvosa foi atrasada porém o balanço hídrico não indicou muitos déficits, e nem tampouco excessos. Em março de 1973 foi registrado extremo de precipitação diária de 108 mm. O inverno foi ligeiramente mais quente, especialmente em abril, registrando temperaturas máximas de 35,6 °C.

Ano agrícola 73/74:

As chuvas caídas no decorrer dos meses atingiram índices próximos aos padrões normais, com exceção de setembro, indicando déficit aliado à uma temperatura média mensal superior 2,5 °C que o normal. No período de maio, junho houveram precipitações menores que 20 mm com intervalos de 14 dias. O início da estação chuvosa foi apenas a partir de outubro.

Ano agrícola 74/75:

Ocorreram períodos extemporâneos de seca, intercalados com precipitações durante o inverno. Neste ano ocorreu grande desuniformidade de distribuição, a maior percentagem da precipitação se concentrou no período das águas. Valores extremos de temperatura mínima foram registrados em junho (geada), cerca de um mês antes da colheita de 1975.

Ano de 1975/76:

No período de produção em estudo, 1969 a 1979, o ano de 1976 obteve o maior total pluviométrico anual com 1590 mm seguido de 1978 com 1571 mm. Comparando mês a mês, com as médias mensais do período em estudo, as precipitações mensais só estiveram abaixo nos meses de janeiro e dezembro. Quanto ao número de dias de chuva, esteve acima da média mês a mês, exceto em junho, alcançando um total de 119 dias de chuva quando a média do período foi de 91 dias. Em termos de temperatura, em todos os meses ficou abaixo da média mensal do período.

Ano agrícola 77/78:

Nesse ano agrícola a deficiência hídrica se estendeu até o segundo decêndio de novembro. A distribuição de chuvas foi muito desfavorável. PEDRO JR (1994) relata valores extremos de pluviosidade mínima mensal de apenas 4 mm ocorrida em abril de 1978. As temperaturas de inverno foram superiores às normais.

Ano agrícola 78/79:

O ano agrícola iniciou com a geada. O balanço hídrico indicou deficiência hídrica até outubro. As chuvas de dezembro de 1978 totalizaram 449 mm, o dobro do normal de 219 mm.

4.2. Balanço hídrico de campo

Balanço hídrico nas condições de campo do pomar foi efetuado em intervalos principalmente no inverno, período de seca, desde o quinto ano do ensaio, 1968 até 1976.

A contabilização dos fluxos de entrada, saída e variação de umidade no solo foi em perfis (camadas consecutivas de 0 - 50, 0-75 e 0-100 cm de profundidade) com os valores das amostras de solo. Os resultados do balanço hídrico de campo, nas datas amostradas são apresentadas nas Tabelas 1a a 1f.

Tabela 1a .Balanço hídrico de campo para laranjeira Baianinha sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento da umidade do solo até 100 cm profundidade no período entre 1968 e 1976.

					Baianinha sobre limoeiro Cravo				Baianinha sobre laranjeira Caipira			
Amostras		Intervalo	ET	Pacum	Armazenamento		kc op	ETR	Armazenamento		kc op	ETR
1	2	(dias)	(mm/dia)	(mm)	1 (mm)	2 (mm)		(mm/dia)	1 (mm)	2 (mm)		(mm/dia)
28/mai/68	11/jun/68	14	2.7	5.8	106.2	106.2	0.15	0.4	112.8	116.9	0.05	0.1
11/jun/68	26/jun/68	15	2.6	15.4	106.2	156.7	-0.91	-2.3	116.9	138.7	-0.16	-0.4
26/jun/68	11/jul/68	15	2.9	3.7	156.7	119.1	0.96	2.8	138.7	113.9	0.66	1.9
11/jul/68	25/jul/68	14	3.0	0.0	119.1	112.8	0.15	0.4	113.9	104.4	0.23	0.7
25/jul/68	07/ago/68	13	3.3	10.0	112.8	111.0	0.28	0.9	104.4	116.2	-0.04	-0.1
28/jan/69	17/mar/69	48	4.6	248.9	168.3	175.7	1.09	5.0	138.7	178.1	0.95	4.4
17/mar/69	27/mar/69	10	5.0	28.2	175.7	206.7	-0.06	-0.3	178.1	163.5	0.86	4.3
27/mar/69	17/abr/69	21	3.5	77.5	206.7	194.7	1.20	4.3	163.5	170.0	0.96	3.4
17/abr/69	28/abr/69	11	3.2	0.2	194.7	191.4	0.10	0.3	170.0	188.4	-0.52	-1.7
28/abr/69	12/mai/69	14	3.2	10.7	191.4	141.0	1.36	4.4	188.4	141.2	1.29	4.1
12/mai/69	29/mai/69	17	2.9	0.0	141.0	131.1	0.20	0.6	141.2	126.9	0.29	0.8
29/mai/69	09/jun/69	11	2.7	14.8	131.1	135.3	0.35	1.0	126.9	116.9	0.82	2.3
09/jun/69	27/jun/69	18	2.7	14.4	135.3	158.2	-0.17	-0.5	116.9	148.4	-0.35	-1.0
27/jun/69	07/jul/69	10	2.8	0.0	158.2	116.7	1.47	4.1	148.4	113.4	1.24	3.5
07/jul/69	25/jul/69	18	2.8	6.7	116.7	137.9	-0.28	-0.8	113.4	97.7	0.44	1.2
25/jul/69	05/ago/69	11	3.1	5.2	137.9	136.1	0.21	0.6	97.7	128.1	-0.75	-2.3
05/ago/69	21/ago/69	16	3.6	0.0	136.1	109.0	0.47	1.7	128.1	95.5	0.57	2.0
21/ago/69	03/set/69	13	4.0	0.0	109.0	102.0	0.14	0.5	95.5	100.7	-0.10	-0.4
03/set/69	17/set/69	14	4.0	0.2	102.0	100.9	0.02	0.1	100.7	111.7	-0.20	-0.8
17/set/69	11/dez/69	85	4.4	450.3	100.9	170.2	1.03	4.5	111.7	177.4	1.04	4.5
02/abr/70	13/abr/70	11	3.3	30.6	159.9	193.2	-0.08	-0.3	176.1	163.7	1.20	3.9
13/abr/70	23/abr/70	10	3.8	2.0	193.2	137.2	1.53	5.8	163.7	156.0	0.26	1.0
23/abr/70	14/mai/70	21	2.9	11.2	137.2	159.9	-0.19	-0.5	156.0	139.2	0.46	1.3
14/mai/70	02/jun/70	19	2.7	15.0	159.9	148.2	0.51	1.4	139.2	143.6	0.20	0.6
02/jun/70	12/jun/70	10	2.7	0.0	148.2	160.6	-0.45	-1.2	143.6	161.3	-0.65	-1.8
12/jun/70	08/jul/70	26	2.3	49.9	160.6	161.5	0.82	1.9	161.3	196.2	0.25	0.6
08/jul/70	20/jul/70	12	2.3	16.9	161.5	152.7	0.95	2.1	196.2	159.1	1.99	4.5
20/jul/70	03/ago/70	14	2.9	0.0	152.7	118.0	0.85	2.5	159.1	127.2	0.78	2.3
03/ago/70	14/ago/70	11	3.2	0.0	118.0	158.4	-1.16	-3.7	127.2	149.9	-0.65	-2.1
14/ago/70	01/out/70	48	3.0	161.8	158.4	171.1	1.03	3.1	149.9	161.1	1.04	3.1
01/out/70	19/out/70	18	4.3	97.6	171.1	167.6	1.31	5.6	161.1	142.9	1.50	6.4
19/out/70	09/nov/70	21	4.6	40.6	167.6	155.6	0.55	2.5	142.9	140.3	0.45	2.1
16/nov/70	07/dez/70	21	5.3	54.2	197.8	137.5	1.03	5.5	205.9	129.8	1.17	6.2

Tabela 1b .Balanço hídrico de campo para laranjeira Baianinha sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento da umidade do solo até 100 cm profundidade no período entre 1968 e 1976. (continuação)

					Baianinha sobre limoeiro Cravo				Baianinha sobre laranjeira Caipira			
Amostras		Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	Pacum (mm)	Armazenamento		kc op	ETR (mm/dia)	Armazenamento		kc op	ETR (mm/dia)
1	2				1 (mm)	2 (mm)			1 (mm)	2 (mm)		
12/jan/71	21/jan/71	9	5.6	39.2	134.4	136.1	0.74	4.2	122.1	120.6	0.80	4.5
21/jan/71	09/fev/71	19	6.2	33.0	136.1	119.3	0.43	2.6	120.6	119.7	0.29	1.8
09/fev/71	15/mar/71	34	4.7	164.9	119.3	128.3	0.97	4.6	119.7	114.3	1.05	5.0
15/mar/71	06/abr/71	22	4.5	123.5	128.3	152.3	1.01	4.5	114.3	145.7	0.94	4.2
06/abr/71	25/mai/71	49	3.1	79.6	152.3	123.3	0.71	2.2	145.7	104.7	0.79	2.5
25/mai/71	07/jun/71	13	2.7	3.0	123.3	122.1	0.12	0.3	104.7	125.7	-0.50	-1.4
07/jun/71	30/jun/71	23	2.1	134.2	122.1	202.4	1.11	2.3	125.7	190.3	1.44	3.0
30/jun/71	14/jul/71	14	2.5	16.8	202.4	172.4	1.33	3.3	190.3	167.2	1.14	2.8
14/jul/71	29/jul/71	15	2.9	0.0	172.4	150.3	0.52	1.5	167.2	145.5	0.51	1.5
29/jul/71	12/ago/71	14	2.8	39.0	150.3	137.2	1.32	3.7	145.5	121.7	1.60	4.5
12/ago/71	10/set/71	29	3.3	7.6	137.2	152.5	-0.08	-0.3	121.7	164.5	-0.37	-1.2
10/set/71	20/set/71	10	3.4	19.8	152.5	125.6	1.37	4.7	164.5	104.7	2.34	8.0
20/set/71	26/out/71	36	4.2	93.6	125.6	119.7	0.66	2.8	104.7	116.7	0.54	2.3
26/out/71	10/nov/71	15	5.3	76.3	119.7	163.7	0.41	2.1	116.7	162.6	0.38	2.0
10/nov/71	24/nov/71	14	4.7	10.3	163.7	134.0	0.60	2.9	162.6	121.0	0.79	3.7
24/nov/71	19/jan/72	56	4.4	330.5	134.0	163.5	1.21	5.4	121.0	166.5	1.15	5.1
24/mar/72	11/abr/72	18	3.7	72.5	162.1	168.9	0.98	3.6	191.0	191.2	1.08	4.0
11/abr/72	20/abr/72	9	3.6	16.0	168.9	165.9	0.59	2.1	191.2	165.2	1.31	4.7
20/abr/72	09/mai/72	19	3.2	3.6	165.9	155.2	0.24	0.8	165.2	134.2	0.58	1.8
09/mai/72	31/mai/72	22	3.1	54.9	155.2	144.6	0.97	3.0	134.2	156.5	0.48	1.5
31/mai/72	14/jun/72	14	2.9	0.0	144.6	143.3	0.03	0.1	156.5	149.0	0.19	0.5
14/jun/72	05/jul/72	21	2.7	0.0	143.3	128.5	0.26	0.7	149.0	114.5	0.60	1.6
05/jul/72	20/jul/72	15	2.1	103.4	128.5	188.6	1.37	2.9	114.5	176.4	1.31	2.8
20/jul/72	16/ago/72	27	2.6	47.1	188.6	163.2	1.04	2.7	176.4	190.8	0.47	1.2
16/ago/72	18/set/72	33	3.1	45.2	163.2	132.0	0.75	2.3	190.8	142.5	0.92	2.8
18/set/72	23/out/72	35	3.8	206.2	132.0	166.9	1.30	4.9	142.5	182.0	1.26	4.8
23/out/72	24/nov/72	32	4.3	126.4	166.9	168.7	0.90	3.9	182.0	169.3	1.01	4.3
24/nov/72	11/dez/72	17	5.0	43.1	168.7	139.0	0.85	4.3	169.3	128.3	0.99	4.9
11/dez/72	08/fev/73	59	5.0	243.8	139.0	178.8	0.69	3.5	128.3	138.3	0.79	4.0
08/fev/73	22/fev/73	14	5.1	34.3	178.8	127.8	1.19	6.1	138.3	125.9	0.65	3.3
22/fev/73	14/mar/73	20	5.0	34.1	127.8	121.7	0.40	2.0	125.9	128.9	0.31	1.6
14/mar/73	26/mar/73	12	4.8	23.1	121.7	131.3	0.23	1.1	128.9	139.6	0.21	1.0
05/abr/73	02/mai/73	27	3.1	125.6	174.6	188.4	1.32	4.1	198.9	202.1	1.45	4.5
02/mai/73	31/mai/73	29	2.8	52.3	188.4	142.5	1.23	3.4	202.1	148.2	1.33	3.7
31/mai/73	26/jun/73	26	2.8	25.8	142.5	150.5	0.25	0.7	148.2	134.6	0.54	1.5
26/jun/73	01/ago/73	36	2.5	27.2	150.5	130.0	0.53	1.3	134.6	130.5	0.35	0.9

Tabela 1c. Balanço hídrico de campo para laranjeira Baianinha sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento da umidade do solo até 100 cm profundidade no período entre 1968 e 1976. (continuação)

					Baianinha sobre limoeiro Cravo				Baianinha sobre laranjeira Caipira			
Amostras		Intervalo	ET	Pacum	Armazenamento		kc op	ETR	Armazenamento		kc op	ETR
1	2	(dias)	(mm/dia)	(mm)	1 (mm)	2 (mm)		(mm/dia)	1 (mm)	2 (mm)		(mm/dia)
01/ago/73	09/ago/73	8	2.5	3.3	130.0	110.1	1.14	2.9	130.5	126.9	0.34	0.9
09/ago/73	28/ago/73	19	3.2	0.3	110.1	119.1	-0.14	-0.5	126.9	108.6	0.30	1.0
28/ago/73	01/out/73	34	3.2	27.3	119.1	98.5	0.44	1.4	108.6	109.5	0.24	0.8
01/out/73	16/out/73	15	3.9	56.3	98.5	150.3	0.08	0.3	109.5	157.6	0.14	0.5
16/out/73	29/out/73	13	4.6	40.5	150.3	133.7	0.95	4.4	157.6	127.6	1.17	5.4
29/out/73	08/nov/73	10	5.0	45.6	133.7	154.9	0.48	2.4	127.6	144.2	0.58	2.9
28/nov/73	13/dez/73	15	4.7	57.8	142.7	151.7	0.70	3.3	136.1	126.7	0.96	4.5
22/abr/74	06/mai/74	14	2.8	7.5	160.0	128.9	0.99	2.8	132.8	121.9	0.47	1.3
06/mai/74	27/mai/74	21	2.7	15.3	128.9	140.7	0.06	0.2	121.9	116.2	0.37	1.0
27/mai/74	13/ago/74	78	2.7	50.1	140.7	126.9	0.31	0.8	116.2	130.4	0.17	0.5
13/ago/74	27/ago/74	14	3.2	0.0	126.9	132.9	-0.13	-0.4	130.4	115.2	0.33	1.1
27/ago/74	11/set/74	15	3.9	0.0	132.9	135.3	-0.04	-0.2	115.2	121.0	-0.10	-0.4
11/set/74	26/set/74	15	4.4	4.1	135.3	124.5	0.23	1.0	121.0	120.4	0.07	0.3
26/set/74	09/out/74	13	3.5	78.1	124.5	152.8	1.08	3.8	120.4	140.9	1.26	4.4
09/out/74	22/out/74	13	5.3	15.7	152.8	131.8	0.53	2.8	140.9	140.1	0.24	1.3
22/out/74	04/nov/74	13	4.7	36.8	131.8	137.9	0.50	2.4	140.1	100.5	1.25	5.9
04/nov/74	11/nov/74	7	5.7	5.2	137.9	140.5	0.07	0.4	100.5	121.5	-0.40	-2.3
11/nov/74	18/nov/74	7	5.7	10.0	140.5	119.3	0.78	4.5	121.5	124.1	0.19	1.1
18/nov/74	12/dez/74	24	4.9	67.6	119.3	139.6	0.40	2.0	124.1	129.8	0.53	2.6
10/jan/75	24/jan/75	14	4.9	81.9	180.9	188.2	1.09	5.3	181.4	180.1	1.21	5.9
14/fev/75	06/mar/75	20	4.5	53.2	193.8	166.3	0.90	4.0	196.4	159.5	1.00	4.5
06/mar/75	08/abr/75	33	4.5	50.3	166.3	130.5	0.58	2.6	159.5	127.8	0.55	2.5
08/abr/75	18/abr/75	10	3.1	74.6	130.5	172.0	1.08	3.3	127.8	152.5	1.63	5.0
18/abr/75	06/mai/75	18	3.1	4.2	172.0	137.7	0.69	2.1	152.5	160.8	-0.07	-0.2
06/mai/75	21/mai/75	15	3.2	0.0	137.7	141.4	-0.08	-0.2	160.8	134.6	0.55	1.7
21/mai/75	04/jun/75	14	2.9	0.0	141.4	132.6	0.22	0.6	134.6	132.6	0.05	0.1
04/jun/75	18/jun/75	14	2.8	0.0	132.6	141.8	-0.23	-0.7	132.6	125.9	0.17	0.5
18/jun/75	11/jul/75	23	2.6	23.0	141.8	128.3	0.62	1.6	125.9	121.5	0.47	1.2
11/jul/75	24/jul/75	13	2.7	2.4	128.3	143.6	-0.37	-1.0	121.5	133.5	-0.28	-0.7
24/jul/75	07/ago/75	14	3.3	0.0	143.6	131.8	0.26	0.8	133.5	124.6	0.19	0.6
07/ago/75	22/out/75	76	3.9	282.4	131.8	200.6	0.72	2.8	124.6	192.7	0.72	2.8
25/mar/76	08/abr/76	14	3.7	2.4	203.9	179.2	0.52	1.9	207.1	173.5	0.69	2.6

Tabela 1d. Balanço hídrico de campo para laranjeira Hamlin sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento solo até 100 cm profundidade no período entre 1968 e 1976.

					Hamlin sobre limoeiro Cravo				Hamlin sobre laranjeira Caipira			
Amostras		Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	Pacum (mm)	Armazenamento		kc op	ETR (mm/dia)	Armazenamento		kc op	ETR (mm/dia)
1	2				1 (mm)	2 (mm)			1 (mm)	2 (mm)		
28/mai/68	11/jun/68	14	2.7	5.8	109.9	112.1	0.09	0.3	105.8	117.6	-0.16	-0.4
11/jun/68	26/jun/68	15	2.6	15.4	112.1	130.2	-0.07	-0.2	117.6	137.9	-0.13	-0.3
26/jun/68	11/jul/68	15	2.9	3.7	130.2	102.5	0.73	2.1	137.9	102.9	0.90	2.6
11/jul/68	25/jul/68	14	3.0	0.0	102.5	101.8	0.02	0.1	102.9	107.7	-0.12	-0.3
25/jul/68	07/ago/68	13	3.3	10.0	101.8	115.1	-0.08	-0.3	107.7	106.9	0.25	0.8
28/jan/69	17/mar/69	48	4.6	248.9	135.7	155.6	1.03	4.8	142.7	147.1	1.10	5.1
17/mar/69	27/mar/69	10	5.0	28.2	155.6	179.8	0.08	0.4	147.1	176.1	-0.02	-0.1
27/mar/69	17/abr/69	21	3.5	77.5	179.8	185.7	0.96	3.4	176.1	181.6	0.97	3.4
17/abr/69	28/abr/69	11	3.2	0.2	185.7	128.5	1.65	5.2	181.6	136.8	1.30	4.1
28/abr/69	12/mai/69	14	3.2	10.7	128.5	131.8	0.16	0.5	136.8	111.2	0.81	2.6
12/mai/69	29/mai/69	17	2.9	0.0	131.8	107.9	0.49	1.4	111.2	116.9	-0.12	-0.3
29/mai/69	09/jun/69	11	2.7	14.8	107.9	130.2	-0.25	-0.7	116.9	135.3	-0.12	-0.3
09/jun/69	27/jun/69	18	2.7	14.4	130.2	135.3	0.19	0.5	135.3	129.8	0.41	1.1
27/jun/69	07/jul/69	10	2.8	0.0	135.3	109.2	0.93	2.6	129.8	104.2	0.91	2.6
07/jul/69	25/jul/69	18	2.8	6.7	109.2	126.3	-0.21	-0.6	104.2	122.8	-0.23	-0.7
25/jul/69	05/ago/69	11	3.1	5.2	126.3	130.7	0.02	0.1	122.8	130.0	-0.06	-0.2
05/ago/69	21/ago/69	16	3.6	0.0	130.7	125.2	0.10	0.3	130.0	118.7	0.20	0.7
21/ago/69	03/set/69	13	4.0	0.0	125.2	106.8	0.36	1.4	118.7	98.5	0.39	1.6
03/set/69	17/set/69	14	4.0	0.2	106.8	108.8	-0.03	-0.1	98.5	102.9	-0.08	-0.3
17/set/69	11/dez/69	85	4.4	450.3	108.8	158.4	1.08	4.7	102.9	147.5	1.10	4.8
02/abr/70	13/abr/70	11	3.3	30.6	155.1	154.1	0.88	2.9	164.6	166.5	0.80	2.6
13/abr/70	23/abr/70	10	3.8	2.0	154.1	158.2	-0.05	-0.2	166.5	152.8	0.41	1.6
23/abr/70	14/mai/70	21	2.9	11.2	158.2	141.0	0.46	1.3	152.8	138.7	0.42	1.2
14/mai/70	02/jun/70	19	2.7	15.0	141.0	123.9	0.62	1.7	138.7	145.1	0.17	0.4
02/jun/70	12/jun/70	10	2.7	0.0	123.9	126.9	-0.11	-0.3	145.1	121.0	0.89	2.4
12/jun/70	08/jul/70	26	2.3	49.9	126.9	156.4	0.34	0.8	121.0	189.0	-0.30	-0.7
08/jul/70	20/jul/70	12	2.3	16.9	156.4	164.5	0.32	0.7	189.0	156.4	1.82	4.1
20/jul/70	03/ago/70	14	2.9	0.0	164.5	124.1	0.99	2.9	156.4	130.5	0.63	1.8
03/ago/70	14/ago/70	11	3.2	0.0	124.1	132.4	-0.24	-0.8	130.5	125.9	0.13	0.4
14/ago/70	01/out/70	48	3.0	161.8	132.4	127.4	1.15	3.5	125.9	130.0	1.09	3.3
01/out/70	19/out/70	18	4.3	97.6	127.4	171.3	0.70	3.0	130.0	174.6	0.69	2.9
19/out/70	09/nov/70	21	4.6	40.6	171.3	137.0	0.78	3.6	174.6	123.2	0.96	4.4
16/nov/70	07/dez/70	21	5.3	54.2	181.6	109.3	1.13	6.0	166.9	117.1	0.93	5.0

Tabela 1e. Balanço hídrico de campo para laranjeira Hamlin sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento solo até 100 cm profundidade no período entre 1968 e 1976. (continuação)

					Hamlin sobre limoeiro Cravo				Hamlin sobre laranjeira Caipira			
Amostras		Intervalo	ET	Pacum	Armazenamento		kc op	ETR	Armazenamento		kc op	ETR
1	2	(dias)	(mm/dia)	(mm)	1 (mm)	2 (mm)		(mm/dia)	1 (mm)	2 (mm)		(mm/dia)
12/jan/71	21/jan/71	9	5.6	39.2	137.2	127.8	0.96	5.4	122.6	119.7	0.83	4.7
21/jan/71	09/fev/71	19	6.2	33.0	127.8	133.1	0.24	1.5	119.7	118.7	0.29	1.8
09/fev/71	15/mar/71	34	4.7	164.9	133.1	106.4	1.19	5.6	118.7	126.1	0.98	4.6
15/mar/71	06/abr/71	22	4.5	123.5	106.4	134.0	0.98	4.4	126.1	144.4	1.07	4.8
06/abr/71	25/mai/71	49	3.1	79.6	134.0	134.0	0.52	1.6	144.4	118.7	0.69	2.1
25/mai/71	07/jun/71	13	2.7	3.0	134.0	115.6	0.60	1.6	118.7	132.8	-0.31	-0.8
07/jun/71	30/jun/71	23	2.1	134.2	115.6	216.8	0.68	1.4	132.8	201.3	1.35	2.9
30/jun/71	14/jul/71	14	2.5	16.8	216.8	146.8	2.47	6.2	201.3	152.3	1.88	4.7
14/jul/71	29/jul/71	15	2.9	0.0	146.8	143.3	0.08	0.2	152.3	140.7	0.27	0.8
29/jul/71	12/ago/71	14	2.8	39.0	143.3	128.1	1.38	3.9	140.7	119.8	1.52	4.3
12/ago/71	10/set/71	29	3.3	7.6	128.1	133.9	0.02	0.1	119.8	130.9	-0.04	-0.1
10/set/71	20/set/71	10	3.4	19.8	133.9	109.3	1.30	4.4	130.9	117.3	0.98	3.3
20/set/71	26/out/71	36	4.2	93.6	109.3	129.8	0.48	2.0	117.3	120.8	0.59	2.5
26/out/71	10/nov/71	15	5.3	76.3	129.8	153.0	0.67	3.5	120.8	150.3	0.59	3.1
10/nov/71	24/nov/71	14	4.7	10.3	153.0	123.7	0.60	2.8	150.3	113.2	0.72	3.4
24/nov/71	19/jan/72	56	4.4	330.5	123.7	144.7	1.25	5.5	113.2	167.0	1.11	4.9
24/mar/72	11/abr/72	18	3.7	72.5	151.7	185.9	0.58	2.1	168.5	158.6	1.24	4.6
11/abr/72	20/abr/72	9	3.6	16.0	185.9	196.4	0.17	0.6	158.6	147.7	0.84	3.0
20/abr/72	09/mai/72	19	3.2	3.6	196.4	124.8	1.25	4.0	147.7	110.4	0.68	2.1
09/mai/72	31/mai/72	22	3.1	54.9	124.8	146.4	0.49	1.5	110.4	152.1	0.20	0.6
31/mai/72	14/jun/72	14	2.9	0.0	146.4	123.7	0.56	1.6	152.1	117.4	0.86	2.5
14/jun/72	05/jul/72	21	2.7	0.0	123.7	98.8	0.43	1.2	117.4	126.1	-0.15	-0.4
05/jul/72	20/jul/72	15	2.1	103.4	98.8	166.1	1.14	2.4	126.1	168.7	1.93	4.1
20/jul/72	16/ago/72	27	2.6	47.1	166.1	144.4	0.99	2.6	168.7	180.9	0.50	1.3
16/ago/72	18/set/72	33	3.1	45.2	144.4	133.7	0.55	1.7	180.9	119.7	1.05	3.2
18/set/72	23/out/72	35	3.8	206.2	133.7	157.3	1.38	5.2	119.7	178.7	1.12	4.2
23/out/72	24/nov/72	32	4.3	126.4	157.3	145.1	1.00	4.3	178.7	151.6	1.11	4.8
24/nov/72	11/dez/72	17	5.0	43.1	145.1	163.2	0.29	1.5	151.6	126.5	0.80	4.0
11/dez/72	08/fev/73	59	5.0	243.8	163.2	165.2	0.82	4.1	126.5	147.3	0.75	3.8
08/fev/73	22/fev/73	14	5.1	34.3	165.2	127.4	1.01	5.1	147.3	102.9	1.10	5.6
22/fev/73	14/mar/73	20	5.0	34.1	127.4	138.8	0.22	1.1	102.9	125.9	0.11	0.6
14/mar/73	26/mar/73	12	4.8	23.1	138.8	133.1	0.50	2.4	125.9	115.8	0.57	2.8
05/abr/73	02/mai/73	27	3.1	125.6	181.8	187.1	1.42	4.5	183.6	156.0	1.81	5.7
02/mai/73	31/mai/73	29	2.8	52.3	187.1	135.7	1.30	3.6	156.0	139.2	0.86	2.4
31/mai/73	26/jun/73	26	2.8	25.8	135.7	164.1	-0.04	-0.1	139.2	131.3	0.47	1.3
26/jun/73	01/ago/73	36	2.5	27.2	164.1	142.5	0.54	1.4	131.3	127.0	0.35	0.9
01/ago/73	09/ago/73	8	2.5	3.3	142.5	113.9	1.56	4.0	127.0	122.1	0.41	1.0

Tabela 1f. Balanço hídrico de campo para laranjeira Hamlin sobre porta-enxerto limão Cravo e laranja Caipira baseado no acompanhamento solo até 100 cm profundidade no período entre 1968 e 1976. (continuação)

					Hamlin sobre limoeiro Cravo				Hamlin sobre laranjeira Caipira			
Amostras		Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	Pacum (mm)	Armazenamento		kc op	ETR (mm/dia)	Armazenamento		kc op	ETR (mm/dia)
1	2				1 (mm)	2 (mm)			1 (mm)	2 (mm)		
09/ago/73	28/ago/73	19	3.2	0.3	113.9	98.8	0.25	0.8	122.1	99.9	0.37	1.2
28/ago/73	01/out/73	34	3.2	27.3	98.8	105.1	0.19	0.6	99.9	104.0	0.21	0.7
01/out/73	16/out/73	15	3.9	56.3	105.1	140.9	0.35	1.4	104.0	140.1	0.35	1.3
16/out/73	29/out/73	13	4.6	40.5	140.9	126.9	0.90	4.2	140.1	122.6	0.96	4.5
29/out/73	08/nov/73	10	5.0	45.6	126.9	138.5	0.67	3.4	122.6	137.7	0.61	3.0
28/nov/73	13/dez/73	15	4.7	57.8	143.3	146.0	0.79	3.7	137.9	137.5	0.83	3.9
22/abr/74	06/mai/74	14	2.8	7.5	150.6	135.7	0.58	1.6	120.6	116.9	0.29	0.8
06/mai/74	27/mai/74	21	2.7	15.3	135.7	139.8	0.20	0.5	116.9	125.2	0.12	0.3
27/mai/74	13/ago/74	78	2.7	50.1	139.8	118.2	0.35	0.9	125.2	117.3	0.28	0.7
13/ago/74	27/ago/74	14	3.2	0.0	118.2	135.0	-0.37	-1.2	117.3	112.7	0.10	0.3
27/ago/74	11/set/74	15	3.9	0.0	135.0	130.0	0.09	0.3	112.7	115.8	-0.05	-0.2
11/set/74	26/set/74	15	4.4	4.1	130.0	132.8	0.02	0.1	115.8	123.0	-0.05	-0.2
26/set/74	09/out/74	13	3.5	78.1	132.8	142.7	1.49	5.2	123.0	137.5	1.39	4.9
09/out/74	22/out/74	13	5.3	15.7	142.7	135.3	0.33	1.8	137.5	128.0	0.37	1.9
22/out/74	04/nov/74	13	4.7	36.8	135.3	126.7	0.74	3.5	128.0	123.3	0.67	3.2
04/nov/74	11/nov/74	7	5.7	5.2	126.7	133.1	-0.03	-0.2	123.3	120.2	0.21	1.2
11/nov/74	18/nov/74	7	5.7	10.0	133.1	132.2	0.27	1.6	120.2	127.2	0.08	0.4
18/nov/74	12/dez/74	24	4.9	67.6	132.2	157.6	0.36	1.8	127.2	144.9	0.42	2.1
10/jan/75	24/jan/75	14	4.9	81.9	184.0	191.8	1.08	5.3	186.8	189.7	1.15	5.6
14/fev/75	06/mar/75	20	4.5	53.2	178.8	166.1	0.74	3.3	191.2	143.4	1.13	5.0
06/mar/75	08/abr/75	33	4.5	50.3	166.1	123.9	0.62	2.8	143.4	143.6	0.34	1.5
08/abr/75	18/abr/75	10	3.1	74.6	123.9	186.4	0.40	1.2	143.6	175.3	1.40	4.3
18/abr/75	06/mai/75	18	3.1	4.2	186.4	159.9	0.55	1.7	175.3	145.1	0.62	1.9
06/mai/75	21/mai/75	15	3.2	0.0	159.9	135.5	0.51	1.6	145.1	130.2	0.31	1.0
21/mai/75	04/jun/75	14	2.9	0.0	135.5	132.2	0.08	0.2	130.2	113.8	0.41	1.2
04/jun/75	18/jun/75	14	2.8	0.0	132.2	150.3	-0.45	-1.3	113.8	122.2	-0.21	-0.6
18/jun/75	11/jul/75	23	2.6	23.0	150.3	123.3	0.85	2.2	122.2	121.3	0.41	1.0
11/jul/75	24/jul/75	13	2.7	2.4	123.3	134.2	-0.25	-0.7	121.3	122.1	0.05	0.1
24/jul/75	07/ago/75	14	3.3	0.0	134.2	118.0	0.36	1.2	122.1	118.6	0.08	0.3
07/ago/75	22/out/75	76	3.9	282.4	118.0	280.3	0.41	1.6	118.6	207.2	0.65	2.5
25/mar/76	08/abr/76	14	3.7	2.4	210.4	197.3	0.30	1.1	217.9	170.9	0.95	3.5

4.2.1. Adição de água no sistema

O ensaio foi irrigado apenas nos primeiros 5 anos, de 1968 até outubro de 1973. Posteriormente, a contribuição de água foi apenas pela precipitação natural.

As datas e lâminas das irrigações são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Datas e lâminas das irrigações realizadas no período de ensaio.

Datas	Ano	Dose de rega (mm)
29 julho	1968	58,5
20 maio	1969	63,1
30 julho	1969	60,1
27 agosto	1969	63,0
4 maio	1970	65,8
6 agosto	1970	64,3
12 fevereiro	1971	56,6
25 agosto	1971	67,3
30 novembro	1971	40,4
15 maio	1972	48,4
27 junho	1972	48,4
22 setembro	1972	interrompida pela chuva
2 março	1973	48,4
3 agosto	1973	48,4
10 setembro	1973	48,4

A maioria das irrigações foram feitas no inverno, em média 2,3 por ano, variando de 1 a 4. Vários autores citam ser benéfica a restrição hídrica, nessa época do ano, para repouso e indução de florescimento em citros (por exemplo, MOSS, 1971). Porém as irrigações foram orientadas pelo acompanhamento de umidade no solo feito por amostragens até a profundidade de 100 cm., orientadas pelo critério de secamento de 70 % da água disponível, e também de acordo com as possibilidades práticas na Estação Experimental. Segundo o critério, as irrigações do experimento foram realizadas no período de maio a setembro com intervalo médio, considerando as precipitações significativas, de 35 dias.

4.2.2. Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial ou de referência calculada por Penman modificado (VILLA NOVA & OMETTO, 1981) ocorrida para o período de análise do balanço hídrico de campo é apresentada na Tabela 3. Foi utilizado o critério de excluir 5 % das evaporações extremas que poderiam ser resultantes de erros. Segundo ARRUDA & BARROSO (1984) a análise e seleção da evapotranspiração representativa em um conjunto de dados para fins de projetos de irrigação deve informar também a frequência em que ocorre. Na Tabela 3, valores entre o limite mínimo e máximo da média subtraída ou acrescida do desvio padrão representam cerca de 68 % da frequência de ocorrência. Durante o período em análise, pode-se observar que nos meses de dezembro a evapotranspiração potencial diária variou em maior amplitude, porém a estimativa de 3,5 mm/dia a 5,5 mm/dia foi bastante representativa nas condições do pomar.

Tabela 3. Valores máximos, médios, mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação (%CV) da evapotranspiração de referência calculada por Penman modificado, ocorridas no período de abril de 1968 a abril de 1976 em Pindorama, SP

Mês	Valores de ET (mm/dia)				% CV
	Máximo	Mínimo	Média	Desvio padrão	
janeiro	6,8	2,4	4,6	0,92	19,6
fevereiro	6,0	2,4	4,5	0,94	21,0
março	6,1	2,2	4,5	0,86	19,2
abril	4,4	1,8	3,2	0,46	14,3
maio	4,6	1,4	2,8	0,46	16,0
junho	3,4	1,1	2,5	0,47	18,2
julho	3,6	1,2	2,6	0,39	14,7
agosto	4,8	1,1	3,2	0,52	16,4
setembro	5,0	1,6	3,5	0,67	19,0
outubro	6,1	1,8	4,4	1,10	25,0
novembro	6,9	2,3	4,7	1,10	23,4
dezembro	6,9	2,2	4,5	1,00	22,4

Dados acumulados de ETR variaram entre tratamentos e épocas, valores que corresponderam a taxas médias diárias de 1 mm/dia no período seco de inverno a 3,5 mm/dia no período úmido. O maior valor médio de ETR foi de cerca de 6 mm/dia, no período entre novembro e dezembro. Os valores observados ETR foram baixos devido à escassez de chuvas e ao critério de irrigações muito espessadas. Houve forte influência da distribuição das chuvas nos resultados obtidos da evapotranspiração real (Tabelas 1a a 1f). VIEIRA (1991) relatou um valor médio de 1,5 mm/dia, para os citros, durante todo o ano. A estimativa mais econômica das necessidades hídricas de uma cultura é que ela atenda a evapotranspiração máxima. Desta forma, o máximo consumo de água para as culturas em Pindorama, corresponderia aos valores apresentados na Tabela 3; úteis na orientação de projetos de irrigação.

Para o manejo adequado de água, em cada cultura, deve-se conhecer o valor de k_c , que possibilita a estimativa do consumo de água a partir da evapotranspiração potencial, para a maximização da produção (PIRES, 1992).

4.3. Análise do coeficiente de cultura k_c

Os resultados de consumo de água e coeficiente de cultura são muito variáveis e demandam um grande número de pesquisas. JENSEN (1969) atentou para a importância do molhamento da superfície do solo e do déficit hídrico no valor estimado de k_c . Esses autores introduziram uma nova conceituação e equacionamento de k_c , posteriormente aperfeiçoado por WRIGHT (1982) e outros. Há também indicações concretas da dependência do k_c ao índice de área foliar e a porcentagem de cobertura vegetal, conforme estudado por MELLO (1992) e por MEDEIROS (1996), com culturas anuais.

Ao longo do ensaio em geral, fora do período das chuvas, as amostragens de umidade do solo e o balanço hídrico de campo produziram uma estimativa do

consumo de água para o controle de irrigação. Essa lâmina de água consumida do solo foi relacionada à evapotranspiração de referência resultando em valores operacionais do coeficiente de cultura da laranja e são mostrados nas Tabelas 1a a 1f.

Baseado nas Tabelas 1a a 1f. pode-se identificar quatro situações típicas relevantes ao coeficiente de cultura, fortemente influenciadas pela distribuição de chuvas.

A. Períodos de alta precipitação.

Nesse período apenas algumas amostragens de solo não foram feitas para o controle da irrigação. Porém é uma época que se admite elevados valores de kc, devido a alta disponibilidade de água e frequente molhamento da superfície do solo, nas fases mais ativas do crescimento da cultura. Na Tabela 4. observa-se que nesse período mais úmido o kc é próximo a um ou superior.

Tabela 4. Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP: Períodos com precipitação frequente

Período amostrado	Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	P acm (mm)	kc op				
				Ba/Ca	Ba/Cr	Ha/Ca	Ha/Cr	
16 nov 70	7 dez 70	21	5,3	54,2	1,17	1,03	0,93	1,13
9 fev 71	15 mar 71	34	4,7	164,9	1,05	0,97	0,98	1,19
24 nov 71	19 jan 72	56	4,4	330,5	1,15	1,21	1,11	1,25
10 jan 75	24 jan 75	14	4,9	81,9	1,21	1,09	1,15	1,08

B. Períodos iniciais da estação seca.

Esse período ocorre logo após as chuvas, mostrando o primeiro período de secamento do solo no início da estiagem. Na Tabela 5 são apresentados os resultados selecionados do balanço hídrico de campo para esse período. Observa-se que a evapotranspiração média nos períodos foi de cerca de 3,5 mm/dia, e os valores de kc foram próximos a um.

Tabela 5. Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP: Períodos iniciais de secamento ocorridos logo após o período chuvoso.

Período amostrado		Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	P acm (mm)	kc op			
					Ba/Ca	Ba/Cr	Ha/Ca	Ha/Cr
27 mar 69	17 abr 69	21	3,5	77,5	0,96	1,20	0,97	0,96
15 mar 71	6 abr 71	22	4,5	123,5	0,94	1,01	1,07	0,98
24 mar 72	11 abr 72	18	3,7	72,5	1,08	0,98	1,24	0,58
8 abr 75	18 abr 75	10	3,1	74,6	1,63	1,08	1,40	0,40

Esses primeiros períodos de longa dessecação do solo, sob ainda ocorrência de chuvas, duraram cerca de 1 a 2 meses, sempre a partir de abril. Na Tabela 5. encontra-se resumo dos valores de kc obtidos nos períodos selecionados do balanço hídrico relatados.

Os valores obtidos de kc operacional eram próximos a 1,0 no início do período, logo após as chuvas, até valores próximos de zero, com o agravamento da seca.

C. Períodos de longa estiagem com chuva pouco significativos.

O período em questão ocorre após se passarem cerca de 2 meses desde o término das chuvas de verão. A Tabela 6. indica os valores observados de kc operacional.

Tabela 6. Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP: Períodos de longa estiagem com poucas chuvas significativas.

Período amostrado		Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	P acm (mm)	kc op			
					Ba/Ca	Ba/Cr	Ha/Ca	Ha/Cr
28 mai 68	11 jun 68	14	2,7	5,8	0,05	0,15	-0,16	0,09
25 jul 69	5 ago 69	11	3,1	5,2	0,15	0,21	0,00	0,02
9 ago 73	28 ago 73	19	3,2	0,0	0,30	-0,14	0,37	0,25
27 mai 74	13 ago 74	78	2,7	50,0	0,17	0,31	0,28	0,35
24 jul 75	7 ago 75	14	3,3	0,0	0,19	0,26	0,08	0,36

Devido a pouca disponibilidade de água no solo, ocorreu severa redução na evapotranspiração real da cultura. Sob essa situação os valores de kc operacional tenderam a ser menores de 0,3 e, em muitos casos próximos de zero ou até negativos, possivelmente devido à ascensão capilar.

Algumas raras vezes os valores de kc foram um pouco mais elevados, provavelmente uma situação variável de demanda hídrica ou chuvas esparsas. COHEN (1991) determinando requerimento de água num pomar de pomelo ('grapefruit') por medidas de fluxo de seiva no tronco e relacionando à ET computada de dados climatológicos, observou que a variabilidade na transpiração entre árvores é também um importante fator a ser considerado quando a transpiração de um pomar é estimada.

D. Períodos intermediários de seca alternados por precipitações eventuais.

Duas situações típicas foram observados para o comportamento de kc das laranjas.

D.1 Caso em que ocorre uma elevação de kc com as chuvas.

Foram identificados os seguintes períodos mostrados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP:

Período amostrado		Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	P acm (mm)	kc op			
					Ba/Ca	Ba/Cr	Ha/Ca	Ha/Cr
23 abr 70	14 mai 70	21	2,9	11,2	0,46	-0,19	0,42	0,46
14 mar 73	26 mar 73	12	4,8	23,1	0,21	0,23	0,11	0,22
9 out 74	22 out 74	13	5,3	15,7	0,24	0,53	0,37	0,33
6 mai 75	21 mai 75	15	3,2	0,0	0,55	-0,08	0,51	0,51

Períodos de longa estiagem com poucas chuvas significativas. Nessa situação os efeitos da seca não se acentuaram ainda. Em muitas situações ficou evidente que a elevação de kc não foi muito alta e que possivelmente tenha sido

apenas um aumento na evaporação direta da superfície do solo, ao invés da liberação do período de estresse hídrico.

D.2. Casos em que houve demora na resposta de kc .

Possivelmente devido a intensidade e duração do estresse hídrico, mesmo ocorrendo precipitação no período de determinação de kc, e aumento na disponibilidade de água no solo, não houve elevação no valor de kc. A esperada elevação de kc só aconteceu no período seguinte, após alguns dias desde a ocorrência da chuva, com atraso na ordem de 8 dias. Esse fato demonstra influência na recomposição da planta ao estresse hídrico. SAKAI (1989) estudando o consumo de água na cultura do feijoeiro irrigado observou que após um período de estresse hídrico severo, houve recuperação total na abertura dos estômatos, mas ocorreu demora para a retomada da atividade e transpiração.

Os períodos observados nesse caso são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8. Valores de coeficiente de cultura obtidos no balanço hídrico de campo para os tratamentos de laranja não irrigada em Pindorama, SP:

Período amostrado	Intervalo (dias)	ET (mm/dia)	P acm (mm)	kc op			
				Ba/Ca	Ba/Cr	Ha/Ca	Ha/Cr
11 jun 68 - 26 jun 68	15	2,6	15,4	-0,16	-0,91	-0,13	-0,07
26 jun 68 - 11 jul 68	15	2,9	3,7	0,66	0,96	0,90	0,73
9 jun 69 - 27 jun 69	18	2,7	14,4	-0,35	-0,17	0,41	0,19
27 jun 69 - 7 jul 69	10	2,8	0	1,24	1,47	0,91	0,93
1 out 73 - 16 out 73	15	3,9	56,3	0,14	0,08	0,35	0,35
16 out 73 - 29 out 73	13	4,6	40,5	1,17	0,95	0,96	0,90

Após períodos de longa estiagem, observou-se retardo na transpiração. HILGEMAN (1963) acompanhou variações na transpiração e déficits internos nas folhas, além da redução do tamanho dos frutos, observando transpiração diferente

em folhas novas e velhas, com diferentes resistências dos estômatos. Ocorreram mudanças sazonais nas relações de transpiração nos citros, aliada a queda mais intensiva de folhagem mais velha, processo acelerado pelo estresse hídrico. Comportamento similar foi relatado por CASTLE et al (1978). Os estresses brando ou severo tiveram como consequência incremento na resistência hidráulica do sistema radicular significativamente. Segundo o autor, pode ocorrer espessamento das membranas, diminuindo a permeabilidade das raízes.

Valores exatos de k_c determinados em pesquisas de campo têm apenas um valor histórico, pois as situações de cultivo, crescimento e desempenho das culturas nunca se repetem. Com essas simplificações ponderadas no presente trabalho, pode-se inferir sobre o comportamento do consumo de água dos citros em Pindorama, sob várias situações de regime hídrico.

Apesar do evidente efeito da distribuição de chuvas no valor de k_c , nesta avaliação não foi possível obter-se uma correlação direta entre k_c , água disponível e taxa de evapotranspiração e não foi identificada alguma relação entre idade e k_c .

O tamanho da copa tem, também, efeito pronunciado na evapotranspiração da cultura. Em geral, em plantas perenes, é representado pela idade da cultura.

A principal razão para tais ausências de relação com k_c foi devido aos intervalos de amostragem de solo não terem sido próximos o suficiente.

Os valores médios de k_c propostos pela FAO (DOOREMBOS & PRUITT, 1977) são em algumas épocas superiores ou inferiores aos observados no presente estudo, não atendendo adequadamente à necessária informação para melhor orientação no manejo de irrigação. Crítica maior aos valores de k_c propostos pela FAO é que eles não possibilitam o entendimento do dinamismo de k_c , conforme relatado para interpretar ou simular as reais condições de consumo de água da cultura.

4.4. Resultados das produções do ensaio

Os resultados obtidos na produção do ensaio, são apresentados nas Figuras 3 a 5 respectivamente para a produção final em quilos por planta, em número de frutos por planta e peso médio dos frutos. As produções de maneira geral, de 1969 a 1976, se apresentaram crescentes com a idade das árvores, porém apresentando grandes variações. Provavelmente essa variação expressa a influência climática no rendimento da cultura. Nota-se também que há tendência de alternância de produção entre anos consecutivos. A produção média do experimento foi considerada acima da média da produção paulista, na época, e também em relação a ensaios contemporâneos conduzidos nas Estações Experimentais de Limeira e Ribeirão Preto, ficando ao redor de 205 quilos por planta.

O ano de maior produção para a maioria dos tratamentos foi 1976, correspondente ao 12º ano de idade do pomar. O ano agrícola 75/76 foi caracterizado por uma precipitação acima da normal, porém bem distribuída, o balanço hídrico decendial considerando uma capacidade de armazenamento de 50 mm não indicou ocorrência de déficit, ao longo do ano. O ano de menor produção do experimento foi o último ano 78/79, com a ocorrência de geada no início do ano agrícola. Esta queda de produção também foi observada por MELLO (1989) que relata duas baixas produções consecutivas em cafeeiro na E.E. Pindorama. A produtividade do pomar vinha crescendo continuamente até 1976. Porém em 1977 a safra foi pequena. Tal fato tem sincronismo nas observações de TUBELIS (1989). O autor relatou intenso ataque de *Colletotrichum* na região. As colheitas foram realizadas principalmente em julho de cada ano embora possivelmente tenham ocorrido variações no grau de maturação entre tratamentos e por isso talvez prejudicado por queda de frutos ou antecipação. As datas das colheitas são relatadas no item Observa-se que a colheita de 1978 foi tardia, em setembro. Possivelmente esta seria a explicação do baixo peso médio dos frutos, menos de 100 gramas por fruto. Os frutos permaneceram na árvore durante todo o período de estiagem e geada. Segundo HILGEMAN (1959) sob estresse hídrico é absorvida água do fruto, que perde o turgor.

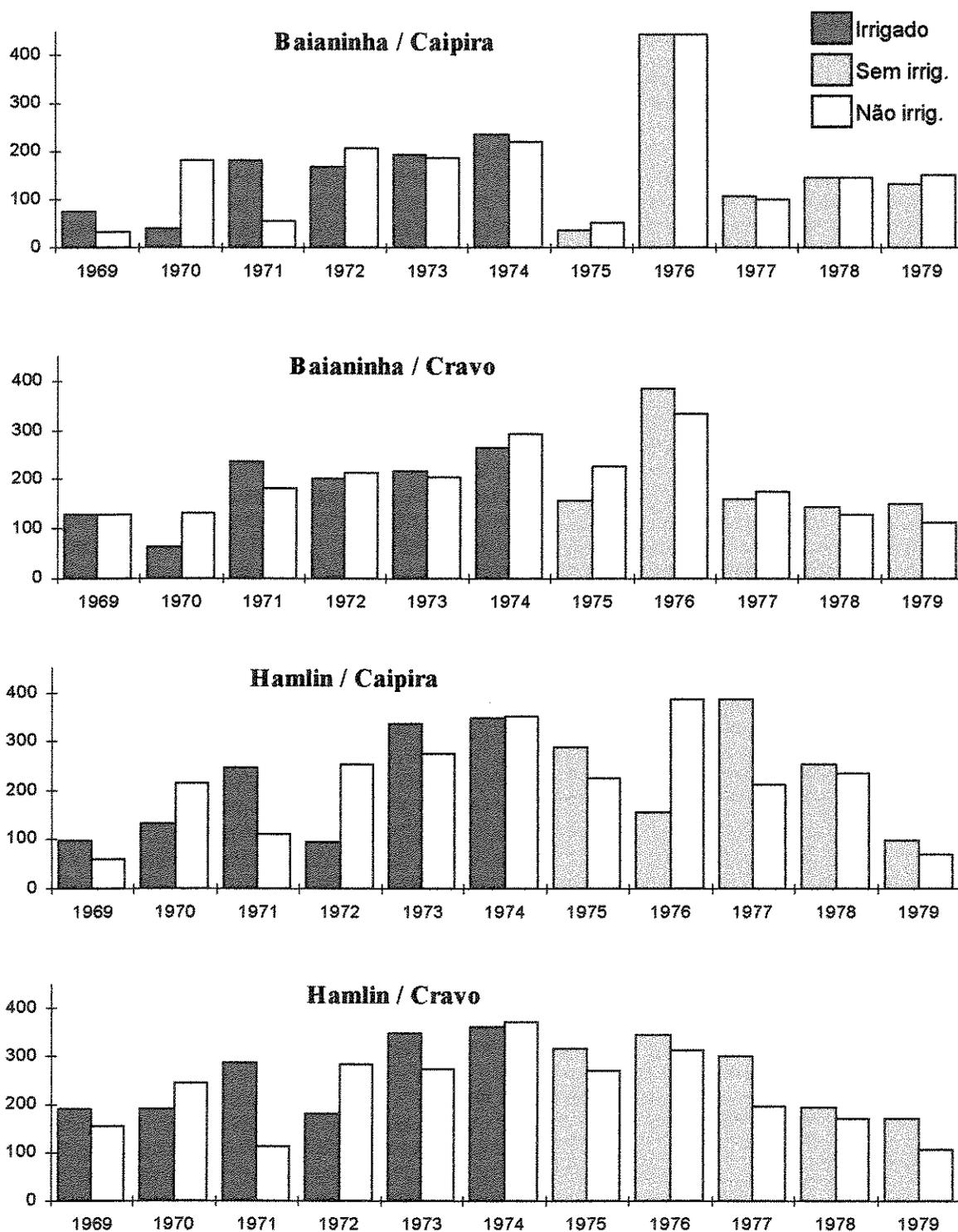


Figura 3. Produções anuais em frutos (quilos por planta) de dois tipos de copas e dois porta-enxertos na E.E. Pindorama

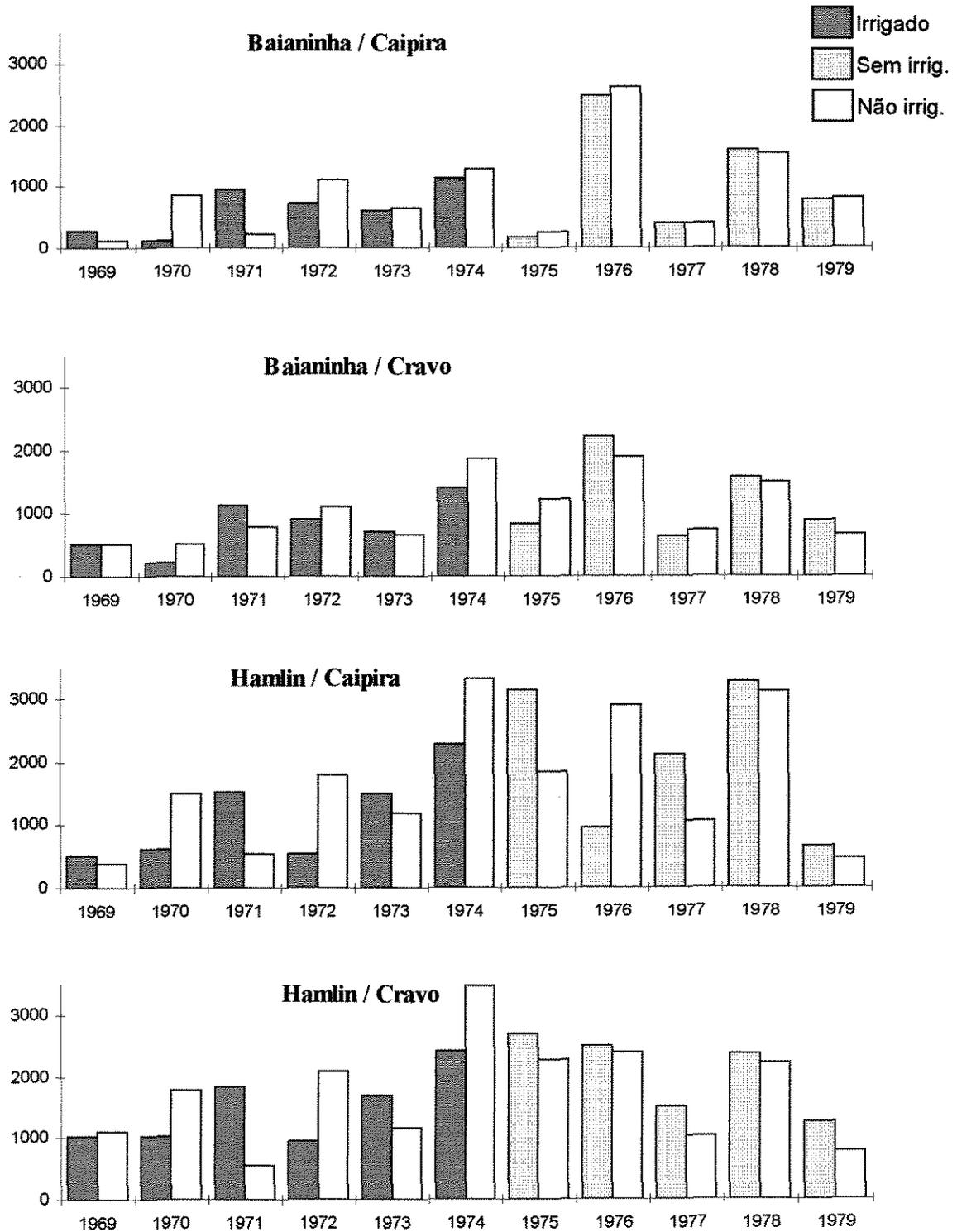


Figura 4. Produções anuais em número de frutos de dois tipos de copas e dois porta-enxertos na E.E. Pindorama

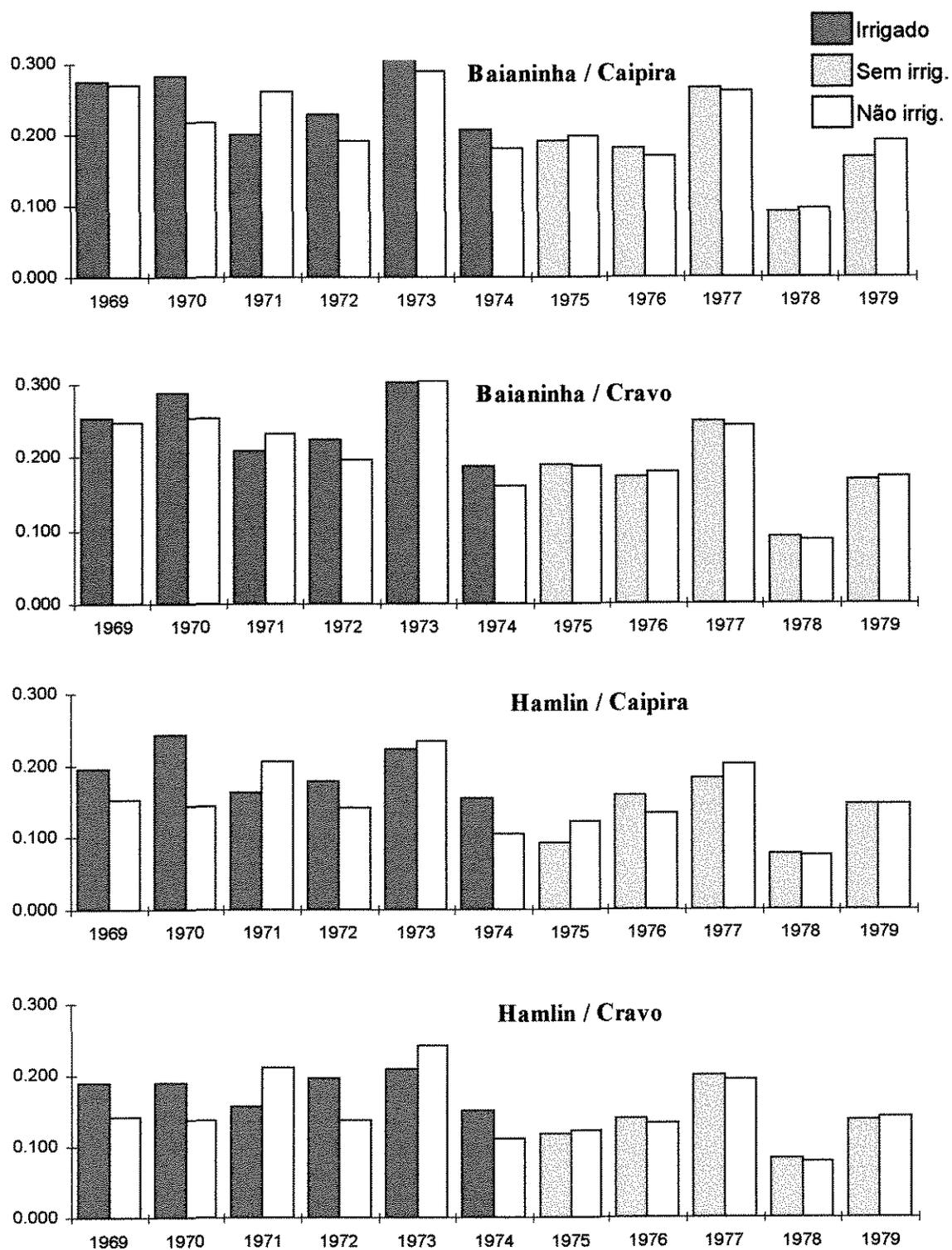


Figura 5. Peso médio dos frutos de dois tipos de copas e dois porta-enxertos na E.E. Pindorama

A análise estatística da variância foi aplicada após transformação de \sqrt{x} dos dados de peso total, número e peso médio dos frutos. Alguns autores utilizaram o recurso de transformação dos dados primários em \sqrt{x} para remover o efeito cíclico da produção. Entre eles, BUTTERS (s.d.), em Uganda, para cafeeiros; TEÓFILO S.(1972) e COELHO (1972), analisando dados de produção de laranja Valência e Hamlin.

Os resultados obtidos da análise estatística são apresentados nas Tabelas 9 a 11., respectivamente para as produções totais, em número e em peso médio dos frutos (são mostrados os dados sem transformação). Os coeficientes de variação foram sempre abaixo de 15 %, sendo em média 8 % para tratamentos e porta-enxertos. Não houve efeito dos blocos, para todos os anos com exceção de 1978.

O peso médio dos frutos foi sempre significativo para a Baianinha, sobre os dois porta-enxertos, característica varietal dessa laranja de frutos maiores e mais pesados. Sempre inverso ao número e peso.

A combinação mais produtiva das variedades de copa e porta-enxertos na análise de 11 anos de produção foi a Hamlin sobre limão Cravo. A Hamlin sempre foi a copa mais produtiva, com rendimentos estatisticamente significantes na maioria dos anos analisados, com exceção de 1976, quando todas produziram bem.

O limão Cravo sobressaiu-se como porta-enxerto induzindo a maiores produções nos primeiros anos, concordando com observações de muitos autores (TEÓFILO, 1972; RODRIGUEZ, 1972, entre outros). Foi o porta-enxerto que proporcionou maior produção final no total das 11 colheitas. Apresentaram produções individuais de até 510 quilos por planta.

Quando considerados apenas as 5 safras dos anos em que houve irrigações, de 1969 a 1974, observou-se que a média de produção das parcelas irrigadas foi maior que a dos não irrigados, porém não houve significância estatística, com única exceção da Baianinha/Cravo em peso, conforme pode-se observar nos resultados da análise estatística apresentados nas Tabelas 9 a 11.

Tabela 9. Produções em peso de fruto (kg/planta) de dois tipos de copas e de porta-enxertos, na E.E. Pindorama

Tratamentos	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	média
Ba / Ca I	74,8c	38,3d	181,6ab	167,9ab	194,8b	236,5b	35,5c	443,7a	106,4d	145,3c	133,8ab	159,9d
Ba / Cr I	128,9b	62,9c	235,6b	201,9ab	216,5b	265,6b	158,0bc	384,0ab	161,0c	145,3c	149,6a	191,7c
Ha / Ca I	99,4c	132,8b	246,2ab	96,4b	336,6a	348,3c	287,5a	155,1c	386,3a	254,7a	99,3b	222,0b
Ha / Cr I	192,1a	192,5b	287,8a	182,8ab	350,6a	363,8a	315,7a	345,0b	302,0b	195,1b	171,0a	263,5a
Ba / Ca NI	33,5d	182,6b	56,1d	205,6a	188,5b	220,9b	52,4c	442,8a	100,7d	146,1c	151,5a	161,9d
Ba / Cr NI	129,3b	133,2b	184,0ab	214,6a	205,9b	292,8b	227,5b	334,4b	177,3b	129,6c	114,3ab	194,8c
Ha / Ca NI	60,4c	216,2a	110,7c	254,4ab	275,2a	350,7a	224,8b	386,3ab	213,0b	235,7a	68,2b	217,8b
Ha / Cr NI	154,8a	245,0a	112,5c	285,8a	275,2a	372,1a	272,9b	315,3a	199,0a	172,1b	108,1ab	228,4a

Valores são média de 16 plantas. Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

Tabela 10. Produções em número de frutos de dois tipos de copas e de porta-enxertos, na E.E. Pindorama

Tratamentos	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	média
Ba / Ca I	273c	135c	947b	739b	609b	1136c	188c	2471a	401d	1582b	791b	843d
Ba/CrI	515b	218b	1133b	902b	719b	1417b	839b	2208a	642c	1582b	890ab	1006c
Ha/CaI	509b	624b	1518a	546b	1515a	2286b	3164a	973c	2117a	3286a	672b	1564b
Ha/CrI	1021a	1023a	1843a	946a	1693a	2427a	2695b	2500a	1517b	2368ab	1254a	1753a
Ba/CaNI	130d	869b	222c	1096a	654b	1280b	262c	2614a	406b	1545b	817b	899d
Ba/CrNI	527b	528b	795a	1116a	676b	1866b	1224b	1886b	732c	1505b	670b	1048b
Ha/CaNI	397c	1514a	553b	1800a	1186ab	3339a	1854b	2918a	1064a	3136a	461b	1657a
Ha/CrNI	1114a	1784a	545b	2102a	1154ab	3462a	2258ab	2399a	1032a	2218ab	781b	1714a

Valores são média de 16 plantas. Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

Tabela 11. Peso médio dos frutos (quilos) de dois tipos de copas e de porta-enxertos, na E. E. Pindorama

Tratamentos	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	média
Ba/Cal	0,273a	0,283a	0,201b	0,227a	0,318a	0,207a	0,192a	0,180a	0,264a	0,092a	0,167a	0,189a
Ba/CrI	0,253a	0,287a	0,209b	0,223a	0,302a	0,188ab	0,191a	0,174a	0,250a	0,092a	0,169a	0,191a
Ha/Cal	0,195b	0,243ab	0,162b	0,177b	0,222b	0,153b	0,091b	0,159b	0,183b	0,078a	0,146b	0,142b
Ha/CrI	0,189b	0,188b	0,157b	0,195b	0,208b	0,150b	0,118b	0,138c	0,200ab	0,083a	0,136b	0,150b
Ba/CaNI	0,269a	0,216a	0,261a	0,192b	0,290a	0,180ab	0,198a	0,169b	0,261a	0,095a	0,192a	0,180a
Ba/CrNI	0,247a	0,255a	0,233ab	0,197ab	0,305a	0,160ab	0,189a	0,180a	0,242a	0,086a	0,174a	0,186a
Ha/CaNI	0,153b	0,143b	0,205b	0,141b	0,233b	0,106b	0,121b	0,134c	0,202ab	0,075a	0,146b	0,131b
Ha/CrNI	0,141b	0,137b	0,210b	0,136b	0,240b	0,111c	0,122b	0,132c	0,194b	0,078a	0,141b	0,134b

Valores são média de 16 plantas. Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

Apesar de em alguns anos as parcelas irrigadas apresentarem resultados muito favoráveis, a baixa frequência de irrigação não foi adequada para conferir estabilidade na produção.

Após 1974, quando foram suspensas as irrigações, as parcelas inicialmente irrigadas mantiveram boa produção, esta tendência foi observada em todos os tratamentos, não significando contraste.

4.5. Análise das produções e seus componentes

A investigação da influência dos vários fatores que afetam a produção final foi realizada primeiramente através de correlações simples. As produções dos anos de 1978 e 1979 foram excluídas da análise por terem sido demais afetados pela geada ocorrida em agosto de 1978.

4.5.1. Correlação entre os tratamentos

A correlação entre as produções em peso e em número dos tratamentos das parcelas irrigadas e não irrigadas são apresentadas na Tabela 12. A laranja Baianinha obteve elevada correlação, sempre maior que 0,84, para ambos os casos, sobre os dois porta-enxertos, indistintamente. A laranja Hamlin apresentou correlação menor, de cerca de $r = 0,24$ com porta-enxerto Caipira, e de $r = 0,43$ com limão Cravo. Tais valores denotam a grande variabilidade típica da planta cítrica (LEVY, 1993; JONES & CREE, 1965) e também seu componente genético.

Tabela 12. Correlação entre os tratamentos irrigado e não irrigado no período de 1969 a 1977 para as combinações de copa e porta-enxerto.

Irrigado x não irrigado	peso (quilo por planta)	número de frutos
Baianinha sobre Caipira	0,89	0,87
Baianinha sobre Cravo	0,84	0,87
Hamlin sobre Caipira	0,24	0,25
Hamlin sobre Cravo	0,43	0,49

Os resultados mostram também que as combinações dos tratamentos com copa de Baianinha podem ser analisadas conjuntamente. No caso da Hamlin, as baixas correlações entre as produções dos tratamentos, sugerem que não se pode agrupar os resultados de mais de um tratamento para análise de resultados. As maiores diferenças observadas entre irrigado e não irrigado, para a Hamlin ocorreram até 1974. Após a interrupção das irrigações a tendência entre esses tratamentos foi a mesma (Figura 3), as parcelas inicialmente irrigadas apresentando maiores produções, embora sem significância estatística.

Em vista dos resultados obtidos a análise do efeito hídrico foi realizada nas parcelas não irrigadas com enfoque no tratamento selecionado, Hamlin sobre limão Cravo. Este foi o tratamento mais produtivo durante todo o ensaio.

4.5.2. Efeito da idade das plantas na produção

A produção das plantas não mostrou correlação estatisticamente significativa com a idade com exceção da Hamlin sobre Cravo nas parcelas irrigadas. A análise das produções do quinto ao decimo terceiro ano (1969 a 1977) mostram incrementos com a idade, porém com grande variabilidade (Figuras 3 e 4). Provavelmente os coeficientes de correlação mostram a diferença no efeito entre porta-enxertos em relação à idade. A análise estatística realizada a cada ano de produção evidencia a precocidade de produção econômica do Cravo e posteriormente a maior estabilidade de rendimento da Caipira (RODRIGUEZ, 1991). Organizando os dados por biênios com o objetivo de evitar a influência entre produções consecutivas, observou-se que a produção é crescente até o biênio 1976/77. Tal tendência foi alterada pelas temperaturas mínimas extremas de agosto de 1978/79, e também em junho de 1975, porém com resposta diferente entre tratamentos; a Baianinha com maior redução de rendimentos. Aparentemente esta ocorrência, cerca de um mês antes

da colheita de 1975 afetou a safra em curso, porém sem afetar a seguinte (SILVA *et al.* 1986).

As correlações com idade são concordantes com as obtidas para laranjas por TUBELIS & SALIBE (1986). Esses autores observaram que a idade do pomar foi capaz de explicar 18 % das variações da produção de Hamlin sobre porta-enxerto Cravo e 61 % quando se empregou laranja Caipira, sendo estas relativamente menos sensíveis às flutuações climáticas, embora sejam reconhecidamente mais suscetíveis à estresse hídrico (RODRIGUEZ, 1972). Nos modelos desenvolvidos por TUBELIS & SALIBE (1986; 1989), a variável idade foi incluída mesmo quando não significativa estatisticamente, por representar o desenvolvimento das copas. Fato importante no consumo de água da cultura e como componente de produção, representando maior número de estruturas reprodutivas (ALBRIGO, 1992). A análise de 9 anos de 1969 a 1977, é mostrada na Tabela 9. A produção foi crescente com a idade até 1976, (até 1976 o coeficiente de correlação é 0,76); após este ano é decrescentes acompanhando o comportamento de todos os outros tratamentos, e pomares contemporâneos na região como relata TUBELIS (1989).

Tabela 13. Valores da correlação simples entre a produção do ano com a idade das laranjas no período de 1969 a 1977, Pindorama, SP.

Tratamentos	Irrigados		Não irrigados	
	Peso	Número	Peso	Número
Baianinha sobre Caipira	0,40	0,40	0,39	0,38
Baianinha sobre Cravo	0,50	0,50	0,56	0,65
Hamlin sobre Caipira	0,62	0,62	0,51	0,64
Hamlin sobre Cravo	0,65	0,71	0,32	0,45

4.5.3. Efeito da safra anterior sobre a produção

O efeito da safra anterior sobre a produção do ano foi analisada por correlação simples. Os resultados são apresentados na Tabela 14. As correlações não foram estatisticamente significantes, com baixos valores. Estes resultados contrastam com os obtidos por JONES & CREE (1965) na análise de produção de Baianinha ("Navel") influenciando significativamente na safra subsequente.

Tabela 14. Valores da correlação simples entre a produção do ano com a do ano anterior para laranjas no período de 1969 a 1977, Pindorama, SP.

Tratamentos	Irrigados		Não irrigados	
	Peso	Número	Peso	Número
Baianinha sobre Caipira	-0,20	-0,19	0,21	0,03
Baianinha sobre Cravo	-0,43	-0,42	-0,54	-0,54
Hamlin sobre Caipira	0,17	0,01	0,04	-0,13
Hamlin sobre Cravo	0,46	0,32	0,02	-0,18

A aparente alternância entre anos consecutivos é evidente nas Figuras 3 e 4. Porém ela é mais evidente nos primeiros anos, pela característica "juvenilidade" das plantas cítricas (DI GIORGI *et al.*, 1991). As irrigações no experimento, realizadas em períodos diversos com pequena frequência não foram suficientes para suavizar esta alternância de produções. As oscilações em Pindorama foram anuais, de maneira geral, e diferenciadas para Baianinha e Hamlin. Estudando-se o efeito da produção anterior sobre a safra em curso, foi obtido baixo índice de correlação não significativo. Apesar de aparentar alternância, não houve forte influência da produção da safra anterior, uma possível explicação é a característica de precocidade da Hamlin e concentração de época de florescimento, o que faz com que a colheita não interfira na florada (DI GIORGI *et al.*, 1991).

Vários fatores são relacionados a tendência de bianualidade. Entre eles encontram-se exemplos bem documentados na literatura: a característica varietal da Baianinha (FIGUEIREDO, 1991), condições mais adversas edafoclimáticas (VOLPE, 1987; SYVERSTEN, 1985), formação da copa (GOELL, 1981), múltiplas floradas (DI GIORGI *et al.*, 1990), atraso na colheita (KREZDORN, 1969).

4.5.4. Relação entre a produção e seus componentes

A correlação entre a produção final e os componentes da produção (número de frutos e peso médio dos frutos) é mostrada na Tabela 15.

Tabela 15. Valores da correlação (r) entre a produção final e os componentes de produção para os vários tratamentos de laranjas.

Tratamentos	Irrigados		Não irrigados	
	Prod x Peso médio	Prod x Número	Prod x Peso médio	Prod x Número
Baianinha sobre Caipira	-0,44	0,98	-0,60	0,98
Baianinha sobre Cravo	-0,64	0,97	-0,69	0,96
Hamlin sobre Caipira	-0,24	0,80	-0,39	0,90
Hamlin sobre Cravo	-0,44	0,85	-0,49	0,90

Os resultados indicam que a produção total apresenta uma relação mais acentuada com o número de frutos do que com o peso dos frutos. Em média, o número de frutos explica maior percentual da variação da produção.

Na Figura 6. é apresentada em detalhes a relação entre produção total, número e peso médio dos frutos para o tratamento não irrigado da melhor produção do experimento, laranja Hamlin sobre limão Cravo. O valor obtido de correlação entre peso médio e número de frutos foi $r = -0,73$. Esse mesmo tipo de relação, para

os tratamentos Baianinha sobre Caipira, Baianinha sobre Cravo e Hamlin sobre Caipira foi -0,57 , - 0,85 , -0,68 respectivamente.

Pela Figura 6. observa-se que a relação acima de 1000 frutos se torna mais uniforme. Abaixo desse número, possivelmente pela menor competição por assimilados fotossintéticos, outros fatores sejam determinantes para que os frutos alcancem seu potencial. GALLIANI *et al.* (1975) estudando “Wilking mandarine”, verificaram tendência de decréscimo em tamanho com o aumento de número de frutos por árvore. Essa tendência foi evidente a partir de 1300 frutos / árvore até 3000 frutos . Aparentemente, há um limite mínimo de tamanho de fruto produzido. Os autores relatam que acima de 3000 frutos por árvore não houve quase decréscimo de tamanho, similar aos resultados encontrados na Figura 6.

BEN MECHLIA & CARROL (1989) também enfatizaram a importância da relação do número de frutos versus tamanho em qualquer desenvolvimento de modelagem de produção de citros. Os autores citam GOLDSCHMIDT & MONSELISE (1977). Em seu modelo, estabeleceram, que se a frutificação é relativamente pequena os frutos podem crescer mais e se são numerosos alcançam menor tamanho. Os autores abordam também relações qualitativas para taxa de crescimento do total de número de frutos por árvore. O produto do número e o peso de frutos tende a ser constante dentro de razoáveis limites.

Os dados não são em número suficiente para se observar outro tipo de função que não a linear.

O peso médio dos frutos obtidos nos anos em análise é mostrado na Tabela 11. Pode-se observar que em média, foi acima do peso descrito na literatura para os frutos das variedades Hamlin e Baianinha (item 3.5).

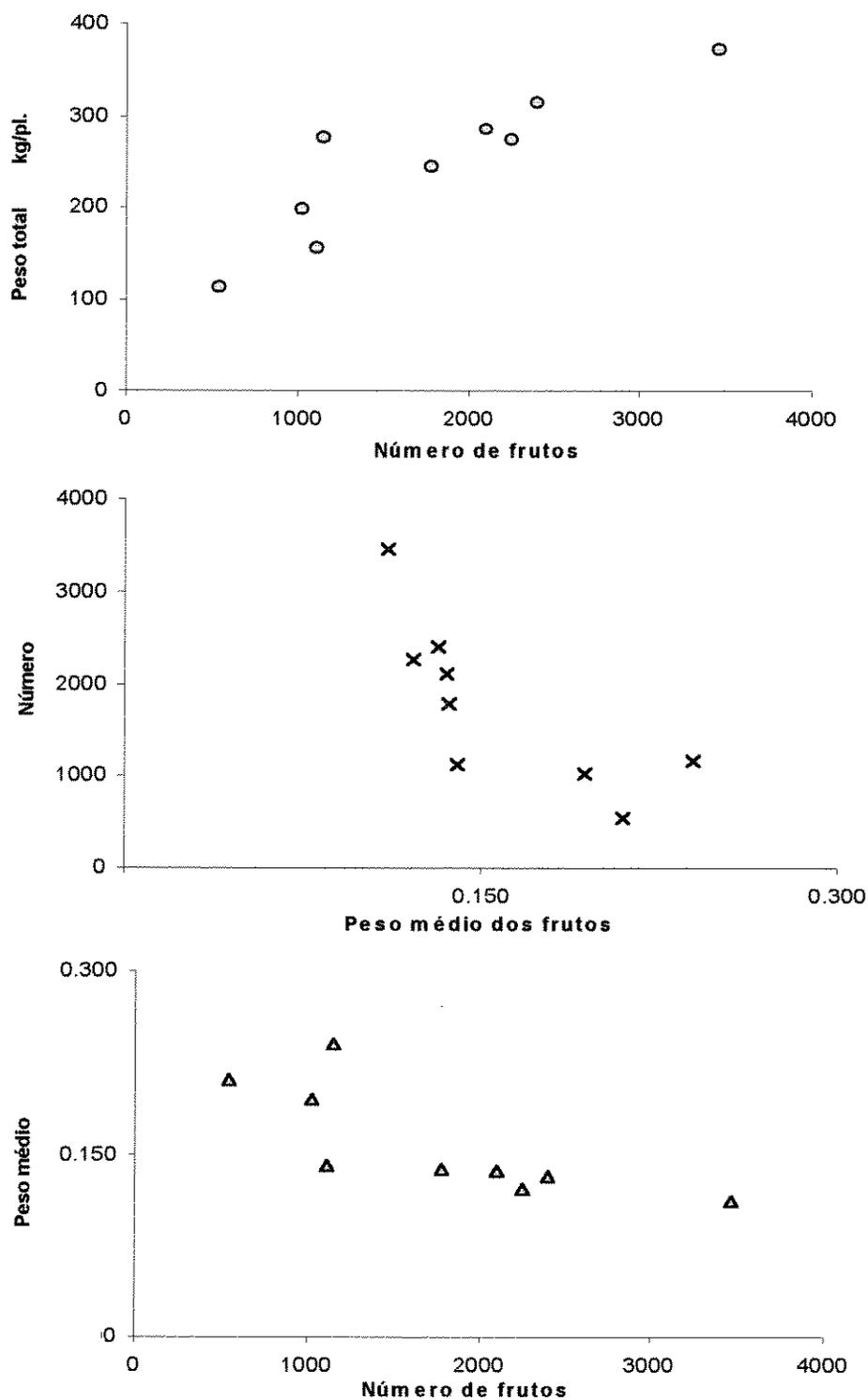


Figura 6. Relação entre produção total de frutos (kg/pl.), número de frutos por planta e peso médio dos frutos (em quilos) para o tratamento de laranja Hamlin sobre limão Cravo não irrigado.

4.6. Análise do efeito hídrico na produção e seus componentes.

4.6.1. Identificação dos períodos significativos

Para representação do fator hídrico foram preliminarmente estudados a precipitação mensal (P) e os termos do balanço hídrico climatológico com uma capacidade de armazenamento de 75 mm: a deficiência hídrica acumulada, o excesso hídrico e a diferença entre a precipitação e evapotranspiração potencial (P-ET). Dentre esses elementos, (P-ET) foi a que melhor correlacionou com a produção total de laranjas, no geral. Pois apresenta a vantagem de sempre existirem valores de boa amplitude na formação das matrizes de correlação. Para os outros termos, as matrizes foram mais esparsas, com valores nulos (zero), como no caso da precipitação igual a zero na época de inverno. Coerentemente, os valores de correlação com (P-ET), de modo geral, foram maiores que aqueles encontrados para precipitação, pela importância do estresse hídrico nas diversas fases da cultura.

A relação (P-ET) foi chamada de equilíbrio hídrico por ARRUDA *et al.* (1976 e 1980) e foi correlacionada com sucesso na análise do efeito hídrico no feijoeiro e na soja. Também BEN MECHLIA e CARROLL (1989) utilizaram (P-ET) para a modelagem do crescimento e produção de frutos cítricos.

Na Tabela 16. são apresentados os valores médios de (P-ET) e suas estatísticas, ocorridas desde o início do ano anterior à produção (janeiro) até próximo da colheita (julho). Pode-se observar que o coeficiente de variação foi sempre elevado, variando de 102 % até 774 %, sendo menor na época da seca e mais elevado no início ou final do período chuvoso. Metade do ano, de abril a setembro, não há o equilíbrio hídrico adequado, sendo em média a demanda de evapotranspiração maior que a precipitação. Porém, em **todos** os períodos ocorreram anos com valores positivos de (P-ET), bem como valores negativos. Esses fatos tornam os períodos analisados e as equações de regressão obtidos bastante representativos.

Tabela 16. Valores máximos, médios, mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação (%CV) da precipitação menos a evapotranspiração potencial (P-ET) ocorridos nos meses antecedentes das produções de citros, de 1969 a 1977 em Pindorama, SP.

Mês	Notação	Valores de P-ET (mm)				
		Máximo	Mínimo	Médio	Desvio padrão	% CV
janeiro anterior	P-ET ₁	164,7	-72,3	47,0	86,8	184,7
fevereiro	P-ET ₂	187,3	-79,7	70,8	95,6	135,1
março	P-ET ₃	183,8	-38,3	37,2	72,3	194,3
abril	P-ET ₄	33,4	-57,2	-17,0	34,4	201,9
maio	P-ET ₅	64,0	-63,1	-26,4	39,3	148,7
junho	P-ET ₆	84,5	-60,6	-19,7	43,1	219,3
julho	P-ET ₇	59,2	-59,1	-22,1	36,8	167,0
agosto	P-ET ₈	47,5	-96,2	-37,6	49,4	131,5
setembro	P-ET ₉	56,3	-88,3	-29,0	48,0	165,3
outubro	P-ET ₁₀	100,2	-19,4	33,3	36,4	103,2
novembro	P-ET ₁₁	157,6	-62,8	21,9	74,5	339,9
dezembro	P-ET ₁₂	259,1	-20,9	80,9	100,0	123,7
janeiro do ano	P-ET ₁₃	164,7	-72,3	55,5	85,3	153,6
fevereiro	P-ET ₁₄	187,3	-79,7	64,1	104,4	162,8
março	P-ET ₁₅	183,8	-29,4	45,6	66,6	146,1
abril	P-ET ₁₆	62,0	-57,2	-5,2	41,4	744,8
maio	P-ET ₁₇	64,0	-57,6	-21,6	39,2	181,3
junho	P-ET ₁₈	17,2	-60,6	-25,8	28,3	109,9

Os resultados da produção final, de número e peso médio de frutos foram correlacionados com a diferença entre a precipitação e evapotranspiração indicada pelo balanço hídrico calculado pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) em base decendial, acumulado ou integrado em períodos mensais para correlação. São apresentadas na Tabela 17. O limite crítico de significância estatística do coeficiente de correlação (r) para 9 pares de dados com a probabilidade de 5% é 0.666 e para 1% de significância, 0.798 (PARKER, 1973).

As correlações obtidas com os componentes da produção foram melhores do que as obtidas com a produção final. De modo geral a variável com maiores valores de correlação foi o peso médio dos frutos, seguida de número de frutos e peso total. As respostas são consistentes com os outros termos do balanço hídrico feito preliminarmente. Na comparação entre tratamentos, as curvas de correlação são mais próximas com a mesma copa, Hamlin ou Baianinha do que entre os porta-enxertos. A copa Baianinha nos diferentes porta-enxertos têm menores valores de correlação. A Hamlin, em comparação, apresenta picos de maiores valores, em módulo, e maiores variações.

Tabela 17. Resultados da correlação simples entre a produção e seus componentes com a Precipitação menos a Evapotranspiração mensal (P-ET) ocorrida no ano anterior até a data de colheita nos tratamentos não irrigados

	P-ET1	P-ET2	P-ET3	P-ET4	P-ET5	P-ET6	P-ET7	P-ET8	P-ET9	P-ET10	P-ET11	P-ET12	P-ET13	P-ET14	P-ET15	P-ET16	P-ET17
	Peso total da produção (Ptot)																
Tratamento	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai
Ba / Ca	-0.08	-0.07	-0.24	0.78**	-0.16	-0.21	0.26	-0.59	0.12	0.42	0.68*	0.34	0.37	0.42	0.60	-0.16	0.78**
Ba / Cr	0.24	-0.17	0.22	0.57	-0.05	-0.13	0.14	-0.52	0.16	0.14	0.19	0.75*	0.28	0.18	0.80*	-0.04	0.62
Ha / Ca	0.03	-0.14	0.24	0.77*	0.09	-0.17	0.32	-0.58	0.04	0.34	0.37	0.64	0.59	0.22	0.75*	-0.01	0.46
Ha / Cr	-0.18	-0.48	0.32	0.63	0.04	-0.03	0.18	-0.67*	-0.32	0.16	0.09	0.78**	0.70*	0.31	0.68*	-0.08	0.11
	Número de frutos por planta (NF)																
Tratamento	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai
Ba / Ca	-0.12	-0.17	-0.24	0.74*	-0.20	-0.16	0.12	-0.64	0.10	0.30	0.66*	0.43	0.38	0.50	0.61	-0.21	0.77*
Ba / Cr	0.04	-0.40	0.21	0.51	-0.09	-0.04	-0.10	-0.61	0.02	-0.05	0.14	0.86**	0.37	0.31	0.79**	-0.17	0.46
Ha / Ca	-0.16	-0.48	0.21	0.66*	-0.07	-0.08	-0.06	-0.73*	-0.19	0.09	0.24	0.86**	0.63	0.39	0.77*	-0.24	0.26
Ha / Cr	-0.28	-0.61	0.32	0.49	-0.07	0.07	-0.16	-0.76*	-0.37	-0.06	0.07	0.90**	0.74*	0.44	0.67*	-0.26	0.00
	Peso médio dos frutos (PMF)																
Tratamento	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai
Ba / Ca	0.44	0.62	-0.10	-0.30	0.22	-0.28	0.45	0.82**	0.27	0.31	-0.27	-0.79**	-0.69*	-0.74*	-0.47	0.32	-0.19
Ba / Cr	0.26	0.62	-0.22	-0.12	0.12	-0.31	0.50	0.60	0.13	0.51	0.02	-0.86**	-0.46	-0.51	-0.52	0.23	-0.15
Ha / Ca	0.53	0.86**	-0.09	-0.11	0.35	-0.22	0.68*	0.78**	0.59	0.42	-0.02	-0.79**	-0.54	-0.72*	-0.24	0.37	0.06
Ha / Cr	0.27	0.36	-0.35	-0.29	0.09	-0.25	0.30	0.75*	0.22	0.14	-0.25	-0.73*	-0.82**	-0.55	-0.45	0.23	0.08

* significativo a 5 %

** significativo a 1 %

Os meses de agosto do ano anterior à colheita representam picos de maior correlação negativos e os meses de dezembro, picos positivos. Os atributos que se destacaram por se correlacionarem significativamente com o maior número de tratamentos e apresentaram os maiores coeficientes de determinação evidenciam a importância do equilíbrio hídrico no período de abril, agosto e dezembro do ano anterior, e março próximo à colheita. Os períodos são relacionados às diversas fases de desenvolvimento das estruturas reprodutivas. Os resultados mostram influências de curto e longo prazos, indicando a importância da investigação dos efeitos cumulativos, como o regime de umidade disponível ao longo das estações.

Relacionados ao número de frutos, apareceram valores significativos em dezembro, período mais ou menos correspondente de queda típica de frutos e na literatura de países do Hemisfério Norte, citada como "June drop" (BREWER *et al.*, 1973). A correlação negativa em agosto, possivelmente, indica que a ocorrência de chuvas nessa época, precedida de um período de deficiência hídrica, pode induzir ao florescimento da planta (BEN MECHLIA & CARROLL, 1989). Esse florescimento, concentrado no meio do período seco pode resultar em maiores perdas **percentuais** da florada nos meses seguintes por falta de chuvas (VOLPE, 1992). Em relação ao peso médio dos frutos não é claro se a correlação significativa de agosto é devido ao efeito hídrico ou resultado de colinearidade, visto que o peso médio dos frutos e o número se relacionam inversamente (HILGEMAN, 1969).

Para a copa Baianinha, as chuvas e/ ou irrigações em maio logo antes da colheita apresentaram correlação positiva, significativa. Esta correlação pode estar indicando que foi reduzida a queda de pré-colheita (LIMA, 1989).

O porta-enxerto Caipira entre os tratamentos apresentou maior número de correlações significativas, indicando maior sensibilidade à seca.

Os balanços hídricos indicaram a ocorrência de períodos de seca de longa duração. Deficiências hídricas severas ocorreram na maioria dos anos no período

em análise, com exceção dos anos agrícolas 1971/1972 e 1975/76 que tiveram precipitações bem acima da normal em Pindorama e bem distribuídas. No ano de 1974 observou-se estiagem em setembro e outubro. As produções tiveram grandes variações entre os anos, expressando influência do ambiente. As correlações com o equilíbrio hídrico evidenciam a sua importância em algumas fases fenológicas, como as épocas típicas de queda de frutos. São concordantes com as observadas por SILVA *et al.* (1986) em relação à produtividade ponderada para o Estado de São Paulo e por DI GIORGI *et al.* (1991) para a região próxima de Pindorama.

4.6.2. Quantificação do efeito hídrico

Inicialmente foram selecionados os períodos mais significativos a partir das correlações lineares simples entre produção e seus componentes com todos os valores de (P-ET) conforme Tabela 17. Para os testes estatísticos, foi sempre considerado um nível de probabilidade de 5 %. No caso, entre os meses anteriores à produção, foram selecionados aqueles que apresentaram correlações maiores que 0.666 (PARKER, 1973).

A seguir, para explicar e quantificar o efeito hídrico (P-ET) na produção final e seus componentes, foram feitas todas as combinações possíveis de correlação múltipla com os períodos selecionados, utilizando o programa estatístico SANEST. A seleção das equações mais representativas foi feita levando-se em consideração o coeficiente de correlação múltipla, o grau de significância pelo teste F, significância do teste *t* para cada coeficiente das equações indicativo se a variável seria útil para previsão e também, pela comparação entre valores estimados e observados. Os resultados obtidos das correlações múltiplas são representados a seguir, para os tratamentos não irrigados.

As equações que permitiram interpretar a variação observada da produtividade de laranja Baianinha com porta-enxerto Caipira como função do

equilíbrio hídrico nas diferentes épocas em Pindorama são apresentadas na Tabela 18. Houve correlação positiva com o período abril do ano anterior à colheita (P-ET)₄, interessante variável preditora pela precocidade da informação. Na região de Pindorama, poderia dar indicação sobre a maior extensão da estiagem de inverno, na hipótese de ter iniciado já em abril. Observando o balanço hídrico ao longo do período em análise não houve correspondência entre o fato de abril apresentar déficit seguido de um inverno mais seco, ocorrendo muitas variações. O porta-enxerto Caipira no experimento se mostrou mais sensível à seca, concordando com observações relatadas por ESPINOZA *et al.* (1985).

Nas correlações simples o mês de novembro ao invés de dezembro parece influir mais na produção da Baianinha / Caipira, como para os demais tratamentos. Possivelmente relacionado à abscisão de frutos no primeiro e segundo estágio de crescimento do fruto (LIMA, 1989) pela competição entre os frutos por metabólitos ou pelas reservas da planta, tendo sido o tratamento com menores produções.

O mês de maio próximo à colheita (P-ET)₁₇ aparece nas equações testadas com coeficiente significativo, positivamente influenciando no rendimento, em número de frutos efetivados e na produção total apenas para a Baianinha / Caipira.

Tabela 18. Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Baianinha sobre Caipira como função do equilíbrio hídrico em Pindorama.

Equações		r	n
1	$P_{tot} = 239,5 + 1,80 (P-ET)_4 + 0,11(P-ET)_{11} + 1,7(P-ET)_{17}$	0,93*	8
2	$P_{tot} = 313,5 + 1,61(P-ET)_4 + 0,76 (P-ET)_{11} + 3,07 (P-ET)_{17}$	0,90*	8
3	$NF = 1278 + 10 (P-ET)_4 + 0,76 (P-ET)_{11} + 10,98(P-ET)_{17}$	0,87*	8
4	$NF = 383 + 1,92 (P-ET)_4 - 1,40 (P-ET)_{11} + 3,43 (P-ET)_{17}$	0,76*	8
5	$PMF = 257 - 0,05 NF$	0,67*	9

A simbologia nas equações é a mesma da Tabela 17.

Entre os tratamentos, a combinação Baianinha sobre porta-enxerto Caipira foi a que menos apresentou relações quantitativas, possivelmente pela menor produtividade no experimento, indicando a influência de outros efeitos. Para o peso médio dos frutos, os meses dezembro, e janeiro, fevereiro do ano da colheita aparecem com sinal inverso ao esperado. Isso se deve à relação oposta entre maior número de frutos, e menor peso desses. Segundo GUARDIOLA *et al.* (1992) a queda de frutinhos está relacionada também à capacidade da árvore de acumular matéria seca e tende a manter uma relação inversa entre a taxa de crescimento dos frutinhos e o número de remanescentes, embora na Baianinha, ocorra um processo regulador e sob estresse, há maior abscisão dos frutinhos por autodesbaste, quando comparada a Hamlin.

As equações para interpretar a variação da produtividade de laranja Baianinha com porta-enxerto limão Cravo em função dos parâmetros hídricos em Pindorama são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19. Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Baianinha sobre Cravo como função do equilíbrio hídrico em Pindorama.

Equações		r	n
1	$P_{tot} = 162,6 + 0,28 (P-ET)_{12} + 0,56 (P-ET)_{15}$	0,86*	9
2	$P_{tot} = 497,7 + 3,0 (P-ET)_{12} + 2,9 (P-ET)_{15} + 33,8 \text{ idade}$	0,86*	9
3	$P_{tot} = 173,7 + 0,81 (P-ET)_{15}$	0,80*	9
4	$P_{tot} = 170,0 + 0,50 (P-ET)_{12}$	0,74*	9
5	$NF = 638,3 + 3,34 (P-ET)_{12} + 3,17 (P-ET)_{15}$	0,92**	9
6	$NF = 356 + 5,4 (P-ET)_{15} + 48 \text{ idade}$	0,86*	9
7	$PMF = 298,7 - 0,07 NF$	0,85*	9
8	$PMF = 254,5 - 0,39 (P-ET)_{12}$	0,85*	9

A Baianinha nas equações de regressão múltipla não apresentou a variável correspondente à agosto do ano anterior. Uma possível explicação seria a não concentração de florescimento, com várias floradas ao contrário da Hamlin, e produzir frutos independentemente de polinização.

Para a Baianinha sobre Cravo as equações de melhor correlação múltipla obtida no processo de seleção utilizando pacote estatístico SANEST foram as que incluíam dezembro e março próximo à colheita (P-ET)₁₅. Os coeficientes positivos sugerem que tais períodos desempenham um papel importante no estabelecimento (dezembro) e crescimento (março) dos frutos. Segundo SYVERTSEN (1985) o número de frutos é freqüentemente reduzido quando o estresse hídrico ocorre durante o enchimento dos frutos pela falta de suprimento de produtos da fotossíntese.

Nas equações foram incluídas as variáveis idade e produção anterior. Apesar de não significativas no estudo anterior, de correlações simples, apenas contribuíram pouco para o ajuste. De acordo com o modelo desenvolvido por BEN MECHLIA & CARROLL (1989) para a variedade Baianinha, a fixação dos frutinhos depende entre outros fatores (principalmente temperatura) da produção do ano anterior. O relacionamento entre florescimento e frutificação nessa variedade difere também com a sua produtividade (GUARDIOLA, 1992). Segundo o autor, a produção excessiva de flores nos pomares de baixa produtividade reduz muito a produção final, porém nos pomares de maior produtividade essa relação é menos importante.

Os modelos selecionados para interpretar a variação da produtividade observada de laranja Hamlin com porta-enxerto Caipira como função dos parâmetros hídricos em Pindorama são listados na Tabela 20.

Tabela 20. Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Hamlin sobre Caipira como função do equilíbrio hídrico em Pindorama.

Equações		r	n
1	$P_{tot} = 264,0 + 1,66 (P-ET)_4 + 0,44 (P-ET)_{12} - 0,113 P_{tot \text{ anterior}}$	0,93*	8
2	$P_{tot} = 242,3 + 1,70 (P-ET)_4 + 0,41 (P-ET)_{12} - 0,03 (P-ET)_{15}$	0,92*	8
3	$P_{tot} = 227,5 + 1,93 (P-ET)_4 + 0,46 (P-ET)_{12}$	0,88*	9
4	$P_{tot} = 140,5 + 1,82 (P-ET)_4 + 13,6 \text{ idade}$	0,83*	9
5	$NF = 1004 + 8,3 (P-ET)_4 - 6,9 (P-ET)_8 + 4,1 (P-ET)_{12} + 3,7 (P-ET)_{15}$	0,99**	9
6	$NF = 1215 + 10,8 (P-ET)_4 - 5,2 (P-ET)_8 + 5,4 (P-ET)_{12}$	0,99**	9
7	$NF = 858 + 6,0 (P-ET)_{12} + 6,0 (P-ET)_{15}$	0,91*	9
8	$NF = 852 - 6,5 (P-ET)_8 + 6,5 (P-ET)_{12}$	0,89*	9
9	$NF = 1052 + 7,9 (P-ET)_{12} + 4,2 \text{ idade}$	0,86*	9
10	$PMF = 264,7 - 0,259 (P-ET)_{12} + 0,066 (P-ET)_{13} + 0,216 (P-ET)_{14}$	0,96**	9

Nessa combinação não houve correlação entre as produções das parcelas inicialmente irrigadas e não irrigadas. Tal comportamento pode ser observado na Tabela 13 e no resultado das produções anuais (Tabelas 9 e 10).

No estudo das correlações simples, a Hamlin / Caipira apresentou como épocas significativas abril, agosto e dezembro do ano anterior à colheita e janeiro e março do ano da produção. Pela análise conjunta dos coeficientes pode-se observar que o mês de abril anterior à colheita tem maior peso (equações 1 a 6 da Tabela 20) também apresentado pela Baianinha / Caipira, possivelmente devido a influência do porta-enxerto de maior sensibilidade à seca (ESPINOZA *et al.* 1985).

Os modelos selecionados para interpretar a variação da produtividade de laranja Hamlin com porta-enxerto limão Cravo como função do equilíbrio hídrico em Pindorama são listados na Tabela 21.

Tabela 21. Equações selecionadas para interpretar a variação de rendimento de laranja Hamlin sobre Cravo como função do equilíbrio hídrico em Pindorama.

Equações		r	n
1	$P_{tot} = 189,4 + 0,52 (P-ET)_{13} + 0,64 (P-ET)_{15}$	0,87*	9
2	$P_{tot} = 233,7 + 1,161 (P-ET)_4 - 0,906 (P-ET)_8$	0,87 *	9
3	$P_{tot} = 190,2 - 0,52 (P-ET)_8 + 0,47 (P-ET)_{12}$	0,82*	9
4	$P_{tot} = 183,5 + 0,28 (P-ET)_{12} + 0,40 (P-ET)_{13} + 0,44 (P-ET)_{15}$	0,81 *	9
5	$NF = 948 - 5,31(P-ET)_8 + 4,63(P-ET)_{12} + 1,97(P-ET)_{13} + 2,81(P-ET)_{15}$	0,97**	9
6	$NF = 1038 + 6,97 (P-ET)_{12} + 2,86 (P-ET)_{13}$	0,95**	9
7	$NF = 1016 - 5,83 (P-ET)_8 + 6,49 (P-ET)_{12}$	0,95**	9
8	$NF = 1156 + 5,381 (P-ET)_4 - 5,406 (P-ET)_8 + 6,09 (P-ET)_{12}$	0,94**	9
9	$NF = 1489 + 7,6 (P-ET)_{12} - 0,212 NF \text{ anterior}$	0,92**	8
10	$NF = 1093 + 8,25 (P-ET)_{12}$	0,92**	9
11	$NF = 1240 - 13,83 (P-ET)_8$	0,76*	9
12	$PMF = 183,5 - 0,275(P-ET)_{12} + 0,401 (P-ET)_{13} + 0,437 (P-ET)_{15}$	0,90*	9
13	$PMF = 226,6 - 0,039 NF$	0,77*	9

Observou-se que no período de agosto a correlação se apresenta sempre negativa. Admitem-se algumas hipóteses, como pela maior incidência de doenças e consequente queda das flores. Na equação estabelecida por TUBELIS (1989), as precipitações ocorridas em setembro contribuem negativamente com a produção de Hamlin e Baianinha nas condições edafoclimáticas do altiplano de Botucatu. Comparativamente, Pindorama, com maior disponibilidade térmica, já em agosto, pode iniciar o período de florescimento antes que aquela localidade.

A produtividade do tratamento Hamlin sobre Cravo apresentou forte correlação linear com as precipitações e evapotranspiração ocorridas em dezembro, evidenciando sua influência no estabelecimento dos frutos nesta época. Segundo

BEN MECHLIA E CARROLL (1989) a variável ET expressa o estresse imposto ao desenvolvimento das plantas cítricas mesmo sob adequada disponibilidade hídrica. MOSS e MURHEAD (1971) mostraram correlações significantes entre taxas de ET ocorridas durante o período inicial de crescimento dos frutos e a produção de laranjas variedade Bahia. Embora as taxas de ET no período do ensaio em dezembro, variassem em estreitos limites entre 5 e 6 mm/dia, os resultados confirmam a relação linear positiva com a produtividade encontrada por SILVA *et al.* (1986) para o Estado de São Paulo, e SHALHEVET *et al.* (1974) nas condições de Israel.

Observando-se o conjunto de equações, esperava-se maior significância no período compreendendo a época normal de seca. Houve variações em todos os meses, porém o ciclo de estações secas e úmidas ainda foi bastante pronunciado. A grande exceção foi o ano agrícola de 1976 com boa distribuição de chuvas. Como a produção do ano anterior foi baixa, resultou em elevados níveis de produtividade nos tratamentos. Ainda que não tenha sido observada correlação significativa entre produções consecutivas, foi evidente a importância da safra anterior.

DI GIORGI *et al.* (1991) acompanhando épocas de florescimento e a influência do ambiente no comportamento das safras no período de 1987 a 1991 em pomares da região norte do Estado de São Paulo, observaram que o fator hídrico foi mais variável que o fator térmico. Eles concluíram que um modelo para estimativa de produtividade de citros deveria contemplar um índice relacionado à intensidade de florescimento e outro que indicasse a efetivação dos frutos na árvore. Os autores verificaram que para a Hamlin, as precipitações ocorridas em setembro relacionaram negativamente com a produção, concordante com TUBELIS (1989). Relataram, também, que as maiores safras foram acompanhadas de maior quantidade de chuva no período de frutificação e crescimento dos frutos (outubro a maio). As correlações negativas (agosto) e positivas (novembro, dezembro, janeiro e abril) observadas no

presente estudo foram próximas, dando consistência ao comportamento das correlações obtidas.

As equações apresentadas tiveram valor preditivo, mas principalmente por possibilitar análise, quais os períodos mais relacionados à produção e seus componentes, bem como, a quantificação de cada período no resultado final

Para as equações ajustadas notou-se que até 5 variáveis preditoras melhoravam a qualidade dos ajustes, porém, maior número de termos, apesar de melhorar o coeficiente de determinação das curvas, diminuía a significância das equações, e os resultados não eram correspondentes com o comportamento biológico da cultura e produção.

Deve-se observar os coeficientes conjugados a cada período, pois quanto maior o seu valor, maior o seu efeito no resultado final da equação. Por exemplo, para a equação 3 da Tabela 20 de produção total da Hamlin sobre Caipira a variação de 1 mm de (P-ET) no mês de abril do ano anterior produz uma variação de 1,93 kg/planta na produção final, ao passo que em dezembro resultaria em 0,46 kg/planta.

Para a Baianinha / Caipira, os meses que mais influenciaram a produção total foram, em ordem decrescente: $(P-ET)_{17} \geq (P-ET)_4 > (P-ET)_{11}$. Para número de frutos: $(P-ET)_{17} > (P-ET)_4 > (P-ET)_{11}$ e para peso médio dos frutos: $(P-ET)_{12}$ coeficiente que se apresentou com sinal inverso ao esperado possivelmente por colinearidade.

Para a Baianinha / Cravo, os meses que mais influenciaram a produção total foram, em ordem decrescente: $(P-ET)_{15} \geq (P-ET)_{12}$ Para número de frutos: $(P-ET)_{12} > (P-ET)_{15}$.

Para a Hamlin / Caipira, os meses que mais influenciaram a produção total foram, em ordem decrescente: $(P-ET)_4 > (P-ET)_{12} > (P-ET)_8 > (P-ET)_{15}$. Para número de frutos: $(P-ET)_4 > (P-ET)_8 \geq (P-ET)_{12} > (P-ET)_{15}$ e para peso médio dos frutos: $(P-ET)_{12} > (P-ET)_{14} > (P-ET)_{13}$.

Para a Hamlin/ Cravo, os meses que mais influenciaram a produção total foram, em ordem decrescente: $(P-ET)_{12} \geq (P-ET)_4 \geq (P-ET)_8 > (P-ET)_{15} > (P-ET)_{13}$. Para número de frutos: $(P-ET)_{12} > (P-ET)_8 \geq (P-ET)_4 > (P-ET)_{13} > (P-ET)_{15}$ e para peso médio dos frutos: $(P-ET)_{15} > (P-ET)_{13} > (P-ET)_{12}$.

As equações de regressão múltipla mostram que com exceção do mês de agosto, não houve correlação significativa dos meses de inverno com a produção final e seus componentes. O período final e inicial das chuvas parece ter grande importância com relação ao efeito hídrico na produção (abril, novembro e dezembro) variando conforme a cultivar. Irrigações nesses períodos devem propiciar boas respostas na produção.

Ficou evidente, também, o forte efeito sazonal na produção de laranja, mesmo com a existência de alto coeficiente de variação nos valores de $(P-ET)$, conforme a Tabela 16. A seca acentuada na região de Pindorama condiciona para que o desenvolvimento reprodutivo das laranjas ocorra em um período mais favorável à formação da produção. Corrobora com esta afirmação o fato de existir a correlação negativa entre a produção e o aumento da precipitação em agosto, pois excetuando-se o ano de 1976 (o de maior produtividade), todos os anos em que agosto apresentou valores mais favoráveis de $(P-ET)$, foi seguido de acentuado déficit hídrico, desfavorecendo a produção. Possivelmente, a manutenção de um equilíbrio hídrico positivo a partir de agosto venha a resultar em elevados rendimentos para a produção de laranja.

Em vista do exposto, há necessidade de mais investigações em relação a resposta da cultura ao regime hídrico controlado em diferentes fases do ciclo das laranjeiras.

5. Conclusões

Baseado nos resultados obtidos, nas análises e nas condições predominantes do experimento, pode-se concluir:

No período em estudo, o balanço hídrico indicou período anual de seca de longa duração na maioria dos anos e a ocorrência de algumas deficiências hídricas durante a estação chuvosa. A produtividade das laranjeiras apresentou grandes variações, tendo influência pronunciada do efeito hídrico.

A análise estatística das produções evidenciou contraste significativo das irrigações em anos isolados, porém não quando computado todo o período sob irrigação. A interrupção das irrigações não apresentou efeito na produção. As correlações obtidas entre a produtividade e o balanço hídrico inclusive nas parcelas inicialmente irrigadas, indicam que as irrigações foram poucas, em frequência e/ou quantidade.

O tratamento mais produtivo foi a combinação de laranja Hamlin sobre porta-enxerto limão Cravo e o menos produtivo foi Baianinha sobre porta-enxerto Caipira. O porta-enxerto laranja Caipira foi mais sensível aos longos períodos de estiagem ocorridos no período do ensaio.

No período de inverno o balanço hídrico de campo indicou valores variáveis de consumo de água desde próximo a zero até 4,2 mm/dia, com valor médio entre 1 e 1,6 mm/dia. A evapotranspiração potencial ou de referência (ET) calculada por Penman no mesmo período variou de 2,1 a 4,0 mm/dia com média de 2,8 mm/dia. Observou-se que as taxas de consumo de água foram baixas devido aos acentuados déficits de água na estação seca.

Na estimativa do coeficiente de cultura (k_c operacional) com o acompanhamento por amostragens de umidade do solo, notou-se que os valores de k_c foram dependentes do regime de chuvas. Foram identificadas situações típicas nesta região com deficiência hídrica sazonal de longa duração. No período de chuvas freqüentes, o coeficiente foi próximo a unidade ou ligeiramente superior. Com o secamento da superfície do solo há uma redução no k_c operacional e com o agravamento da estiagem, o k_c decresce até valores próximos a zero. Após períodos de longa estiagem, observou-se demora na elevação do valor do k_c operacional, mesmo com o reinício das chuvas, conseqüentemente atraso na transpiração e atividade das laranjeiras.

Pela análise detalhada do efeito hídrico na produção, representada por precipitação menos a evapotranspiração (P-ET), verificou-se que o comportamento das cultivares eram similares. Por meio de correlações simples entre as produções e (P-ET) mensais observou-se que as maiores semelhanças ocorreram dentre as mesmas copas (Hamlin ou Baianinha) do que entre porta-enxertos (Caipira ou Cravo). O tratamento, que apresentou maior número de relações quantitativas significativas foi o mais produtivo, Hamlin sobre Cravo. Entre os períodos

significativos destaca-se o mês de agosto, com correlação negativa com a produção, e o de dezembro, com correlação positiva com o número de frutos efetivados na produção.

Nas equações apresentadas, obtidas por regressões múltiplas, o objetivo principal foi quantificar a disponibilidade hídrica, nas diferentes épocas, e sua relação com o rendimento anual. Esta aproximação, é relevante para fins de irrigação. As equações possibilitam ao produtor previsões de colheita com alguma antecedência, utilizando registros de chuva e temperatura média do ar, com instrumental simples, termômetros e pluviômetros. Dentre elas, a equação $NF = 1016 + 6,4 (P-ET)_{12} - 5,8 (P-ET)_8$ para a laranja Hamlin sobre limão Cravo evidenciou a influência de agosto e dezembro do ano antecedente à colheita no número de frutos por planta (NF). A variação de 1 mm na diferença entre a precipitação e evapotranspiração (P-ET) resultaria em diminuição ou incremento na produção na ordem de 6 frutos/planta. Essa equação foi obtida de 9 observações e teve coeficiente de correlação múltipla $r = 0,95$.

Na investigação, o desdobramento da produção final nos componentes, número e peso médio de frutos foi importante, fornecendo mais informações sobre a função que relaciona o equilíbrio hídrico com o comportamento da produção. Entretanto, há necessidade de estudos mais detalhados para o entendimento da dinâmica de formação da produção e época das fases fenológicas afetadas pelo ambiente.

6. Referências bibliográficas

- ALBRIGO, G. Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos. In: SEMINÁRIO DE FISILOGIA DOS CITROS, 2, 1992. Estação experimental de Bebedouro. Campinas: *Fundação Cargill*. p.100-106.
- ARRUDA, F. B. Uso da água em irrigação. In: Simpósio sobre o manejo de água na agricultura. Campinas: *Fundação Cargill*, 1987 p.177-199.
- ARRUDA, F. B.; MASCARENHAS, H. A. A.; VIEIRA, S. R. Efeito Hídrico na produção da soja. Campinas: Instituto Agrônomo, 1976. (*Boletim Técnico 38*).
- ARRUDA, F. B.; TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. Efeito da precipitação pluviométrica na produtividade do feijoeiro. *Revista Centro Ciências Rurais*, Botucatu: v.10 n.1 p.49-60, 1980.
- ARRUDA, F. B; BARROSO, L.F.S. Estimativa do uso de água para fins de projeto de irrigação, em função da evaporação de tanque, em Ribeirão Preto. *Bragantia*, Campinas: v.43 n.2 p. 677-682, 1984.
- ARRUDA, F. B; ZULLO Jr, J.; OLIVEIRA, J. B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas: v.11 p.11-15, 1987.
- AUGUSTI, M. Citrus, biennial bearing: Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *Journal of Horticultural Science*, v.67, n.2, p. 11-22, 1992.
- BAIN, J. M. Morphological anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange. *Australian Journal Botany* v.6 p.1-25, 1958 apud SALTER, P. F. ; GOODE, J. E. Crop responses to water at different stages of growth. Commonwealth Agricultural Bureau Research review n.2 England, 246 p. 1967.
- BARRETO, G. B. Relatório anual da Seção de Irrigação e Drenagem de 1968, 47p. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, (Não publicado).
- BARRETO, G. B.; RODRIGUEZ, O.; REIS, A. J.; ARRUDA, F. B. Irrigação de citros em latossolo roxo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1976 (*Boletim técnico 35*).

- BEN MECHLIA, N. & CARROLL, J. J. Agroclimatic modeling for the simulation of phenology, yield and quality of crop production. I Citrus response formulation. **International Journal Biometeorology**, v.33 p.36-51, 1989.
- BIELORAI, H. & LEVY, J. Irrigation regimes in a semi-arid area and their effects on grapefruit yield, water use and soil salinity. **Journal Agricultural Research Israel**, v.21 p.3-12, 1971.
- BIELORAI, H.; SHALHEVEET, J.; LEVY, Y. Grapefruit response to variable salinity in irrigation water and soil. **Irrigation Science** v.1 p.61-70, 1978.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão de Solos. Reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agropecuárias, 1960. 634 p. (SNEPA, Boletim 12).
- BREWER, F. R; ALJIBURY, F.; OPTIZ, K.; HENCH, K. Reduction of June Drop on navel oranges with thermostatically controlled overtree sprinklers. **Horticultural Science** 8, 272, 1973.
- BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.; SCHMIDT, N.C. Teste de um modelo agroclimático que relacione o regime pluviométrico com as variações da produtividade agrícola. In: SEGOVIA, R.M. Determinação do efeito da precipitação pluviométrica na produtividade agrícola. **Coleção Análise e Pesquisa**, Brasília, v.24 p.21-46, 1982.
- BUTTERS, B. A preliminary study of the effect of moisture on the yields of Robusta coffee. **Kawanda research Station**, Uganda, (s.d.).
- CAHOON, G. A.; HUBERTY, M. R.; GARBER, M. J. Irrigation frequency effects on citrus root distribution in citrus orchards by the neutron moderation method. **Proceedings American Society Horticultural Science** v.74 p.322-327, 1961.
- CAHOON, G. A.; STOLZI, L. H.; GARBER, M. J.; MORTON, E. S.; Influence of nitrogen and water on the root density of mature Washington navel orange trees. **Proceedings American Society Horticultural Science** v.85 p.224-231, 1964.
- CAMARGO, M.P.B. Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1984, 96p.(Dissertação, mestrado em agrometeorologia).
- CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.20 n.7 p.831-839, jul 1985.
- CAMARGO, A. P.; PINTO, H. S.; PEDRO JR, M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; ORTOLANI, A. A. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. Cati, Secretaria de Agricultura. SP, v.1 p.109-149, 1974 .

- CASSIN, J.; BOURDEAUT, J.; FOUGUE, A; FURON, V.; GAILLARD, J. P. The influence of climate upon the blooming of citrus in tropical areas. **Proceedings International Citrus Symposium**, v.1 p.315-323, 1968 apud ORTOLANI, *et al.* Agroclimatologia e o cultivo dos citros In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F. C. P. (Coord.) Citricultura Brasileira. Campinas: *Fundação Cargill*, v.I p.153-195, 1991.
- CASTLE, W.S. & KREZDORN, A.H. Citrus roots systems: their structure, functions, growth and relationship to tree performance. **Proceedings International Society Citriculture** p.62-69, 1978.
- COELHO, H. Avaliação do ciclo harmônico da produção da laranja Hamlin e Valência em 9 porta-enxertos. Piracicaba, ESALQ, 1969, 120p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia).
- COHEN, Y. Determination of orchard water requirement. **Irrigation Science** v.12 p.93-98, 1991.
- DI GIORGI, F.; IDE, B.Y. DIB, K.; MARCHI, R.J.; TRIBONI, H.R.; WAGNER, R.L.; ANDRADE, G. Influência climática e implicações agroindustriais. **Revista Laranja**, Cordeirópolis v.12 n.1 p.163-192, 1991.
- DONAHUE, R.L. An introduction to soils and plant growth soils. 2 ed. USA, New york, p.101-3, 1958. apud RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F. C. P. (Coord.) Citricultura Brasileira. Campinas: *Fundação Cargill*, v.I p.197-8, 1991.
- DOOREMBOS, J. & KASSAN, A. H. Yield response to water. Roma, FAO. Boletim 33, 1979.
- DOOREMBOS, J. & PRUITT, W. O. Las necesidades de água de los cultivos. Roma, FAO. Boletim 24, 1977.
- ESPINOZA, W.G. (coord.) A importância da água para a citricultura no Estado de São Paulo. Araraquara, SP. Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID), setembro 1985 30p. (I SIMPOSIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO EM CITROS).
- ESSELEN, Citrus irrigation practices with special reference to soil moisture studies in two orchards in the Eastern Transvaal Bulletin South African Depto. Agriculture For Science Union. 159, 1937.
- ESTAÇÃO DE PINDORAMA. Buscando novas saídas para a agicultura paulista. **Informativo Coopercitrus**. Bebedouro, Ano VII, n.81 p.8-11, jul. 1993.
- FAGNANI, M.A. & PINTO, H.S. Simulação de temperaturas de folhas de cafeeiros em noites sujeitas à geadas de irradiação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 2. Pelotas, 1981. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. **Resumos**: p.139-142.

- FIGUEIREDO, J.O. Variedades de copa de valor comercial. In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F. C. P. (Coord.) Citricultura Brasileira. Campinas: *Fundação Cargill*, v.I p.228-264, 1991.
- FLEMING, P.M. A water budgeting method to predict plant response and irrigation requirements for widely varying evaporation conditions. **Trans. International Congress Agriculture Engineering 6th.**, v.II p.66-77, 1964.
- FURR, J. R. Responses of citrus and dates to variation in soil water conditions at different seasons. XIV Intern. Horticultural Congress Rept. Netherlands 1 p.400-12, 1955.
- GALLIANI, S.; MONSELISE, S.P. GOREN, R. Improving fruit size and breaking alternate bearing in 'Wilking' Mandarins by ethephon and other agents. **Horticultural Science** v.10 p.68, 1975.
- GALLO, J. R.; RODRIGUES, O.; CAMARGO, A. P.; IGUE, T. Variações anuais na produção de frutos e concentração de macronutrientes em folhas de citros relacionados ao balanço hídrico meteorológico e a adubação no período de 1957 a 1975. **Bragantia**, Campinas. v.36 n.1 p.271-290, 1977.
- GERBER, J. F.; KRESORN, A.H.; BARTHOLIC, J. F. Water needs of Florida Citrus. **Proceedings Fla State Horticultural Society** Lake Alfred, v.86 p.61-64, 1973.
- GOELL, A.; GOLOMB, A.; KALMAR, D.; MANTELL, A.; SHARON, S. Moisture stress- A potent factor for affecting vegetative growth and tree size in citrus. **Proceedings International Society Citriculture**, v.2 p.503-506, 1981.
- GOLDSCHMIDT, E.E.; MONSELISE, S.P. Physiological assumption toward the development of a citrus fruiting model. **Proceedings International Society Citriculture** 2 p.668-672, 1977.
- GROHMANN, F. Distribuição de tamanho de poros em três tipos de solos do Est. São Paulo. **Bragantia**, Campinas: v.19 p.319-28, 1960.
- GUARDIOLA, J.L. Frutificação e crescimento. In: SEMINÁRIO DE FISILOGIA DOS CITROS, 2, 1992. Estação Experimental de Bebedouro. Campinas: *Fundação Cargill*. p.1-13.
- HARDING, R. B. Size fluctuations of Valencia oranges in major California citrus districts, 1932 to 1952. **Proceedings Society Horticultural Science** v.64 p.128-38, 1954.
- HILGEMAN, R. B. The effect of temperature, precipitation, blossom date and yield upon the enlargement of Valencia orange. **Proceedings American Society Horticultural Science** v.74 p.266-79, 1959.
- HILGEMAN, R. H.; VAN HORN, C. W. Citrus growing in Arizona. **Arizona Agricultural Experimental Station Bulletin**. 258: 35p., 1954.

- HILGEMAN, Trunk growth of the Valencia orange in the relation to soil moisture and climate. **Proceedings American Society Horticultural Science** v.82 p.193-8, 1963.
- HSIAO, T.C. Growth and productivity of crops in relation to water status. **Acta Horticulturae** v.335 p.137-148, 1993.
- JENSEN, M.E. & HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal Irrigation Drainage Division American Society Civ.Engineering.** v.89 p.15-41, 1963.
- JENSEN, M.E. Water consumption by agricultural plants. In KOZLOWSKI, T.T. ed. Water deficits and plant growth. 2.ed. New York, Academic Press, 1969. v.2, cap.1 p.1-22.
- JONES, W. W. & CREE, C. B. Environmental factors related to fruiting of Washington navel oranges over a 38-year period. **Proceedings American Society Horticultural Science** v.86 p.267-71, 1965.
- KALMA, J.D. & STANHILL,G. The climate of an orange orchard: Physical characteristics and microclimate relationships. **Agricultural Meteorology**, v.10 p.185-201, 1972.
- KAUFMAN,M.R. Citrus under minimum water conditions. **Citrograph** v.62 p.277-278, 1977.
- KOO, R. C. J. Evapotranspiration and soil moisture determination as guides to citrus irrigation. **Annuary Rep. Florida Agricultural Experimental Station** 232 p., 1958.
- KOO, R. C. J. & SITES, J. W. Results of research and response of citrus to supplemental irrigation. **Florida Agricultural Experimental Station Journal Series** n. 494, 1955.
- KREZDORN, A. H. Soil-Water use of Citrus tree. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.102 p. 403-406, 1977.
- KREZDORN, A. H.; RAMIREZ, J. M.; ROSE, A. J. Influence of date of harvest on yields of Hamlin and Valencia oranges and Marsh grapefruit. **Proceedings Florida State Horticultural Society** v.90 p.61-63, 1977.
- KRIEDEMANN, P. E. & BARRS, H. D. Citrus Orchards . In: KOZLOWSKI, T. T. Water deficits and plant growth . p.325-417. NY. USA, 1981.
- LEPSCH, I. F. & VALADARES, J. M. A. S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, SP. **Bragantia**, Campinas: v.35 n.2 p. 14-40, 1976.
- LEVY,Y. Acclimation of citrus stress **Scientia Horticulturae** v.20 p.267-273, 1993.
- LIMA, J.E.O. Florescimento e frutificação em citrus. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, SP, v.10 p.235-253, 1989.
- LOMAS, T. & BURD, P. Prediction of commencement and duration of the flowering period of citrus. **Agricultural Meteorology**, v.28 p.387-396, 1983.

- LOVATT, C.J.; STREETER, S.M.; MINTER, T.C. Phenology of flowering in *Citrus sinensis* L. Osbeck, cv. Washington navel orange. **Proceedings International Society Citriculture**, São Paulo, v.1 p.186-190, 1984.
- MAOTANI, T.; MATCHIDA, Y.; YAMATSU, K. Studies on leaf water stress in fruit trees. VI Effects of leaf water potential on growth of satsuma trees. **Journal Jpn. Society Horticultural Science** v.45 p.329-34, 1977.
- MARLOTH, R.H. Citrus growth studies. II Fruit growth and fruit internal quality changes. **J. Horticultural Science** v.25 p.235-48, 1950.
- MEDEIROS, G.A. Influência do desenvolvimento do dossel vegetativo sobre o consumo de água e coeficiente de cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Campinas, UNICAMP, 1996, 135p. (Dissertação, Mestrado em Água e Solo).
- MELLO, A. L.M. Avaliações de progênies de Catuaí (*coffea arabica* L.) na região de Pindorama, SP. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 1989. 67p.(Dissertação, Mestrado em Agronomia).
- MELLO, A.C.A. Efeito do dossel vegetativo na estimativa do consumo de água e coeficiente de cultura da ervilha (*Pisum sativum* L.) Piracicaba, ESALQ, 1992, 76p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia).
- MONSELISE, S. P. The growth of citrus roots and shoots under different cultural conditions. **Palest. Journal Botany Rehovot Series** v.6 p.43-54, 1947.
- MONTEITH, J. L. Climatic variation and the growth of crop. New York. Q. J. R. **Meteorol. Society** n.107 p. 749-774, 1981.
- MONTENEGRO, H. W. S. Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba, ESALQ, 1960, 143p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia).
- MOSS, G. I. & MUIRHEAD, W. A. Climatic and tree factors relating to the yield of orange trees. I **Horticultural Research** v.11 p.3-17, 1971.
- NOGUEIRA, D. J. P. O clima na citricultura. In: Citros: Tecnologia de produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.52 p.3-12, 1979.
- OLIVEIRA, J.B. Solos para citros In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F. C. P. (Coord.) **Citricultura Brasileira**. Campinas: *Fundação Cargill*, v.I :196-224, 1991.
- ORTOLANI, A. A; ALFONSI, R.R.; PEDRO JR, M. J. Agroclimatologia e o cultivo dos citros In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F. C. P. (Coord.) **Citricultura Brasileira**. Campinas: *Fundação Cargill*, v.I p.153-195, 1991.

- PACE, C. A. M. & ARAUJO, C. M. estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzolizados e sua relação com a formação de copas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8. Brasília, DF. *Anais* p.199-205. EMBRAPA DDT/CNPq, 1986.
- PARKER, R.E. Introductory Statistics for biology. The Institute of Biology's studies n.43 by Arnold, E.Ed. London, UK 58p. - Table III p. 119, 1973.
- PEDRO JR, M. J. Caracterização agroclimática da microbacia Pindorama. Campinas: Instituto Agrônomo, 1994, 27p. (Boletim Técnico, 150).
- PEDRO JR, M.J. ORTOLANI, A.A.; RIGITANO, O.; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O. Estimativa de horas de frio abaixo de 7 e 13 °C. *Bragancia*, Campinas: v.38 p.123-130, 1979.
- PEREIRA, A.R.; FERRAZ, E.S.B.; REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L. Estimativa da evapotranspiração e drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados de Lins e Marília. Piracicaba, CENA, ESALQ, 1974 (Boletim Científico, 14), 13 p.
- PEREIRA, A. R. Simulação de crescimento e produção vegetal. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Campinas: *Fundação Cargill*. SP, p. 200-209, 1987.
- PIMENTEL, G. Estatística experimental, São Paulo, ed. Nobel, 1985, 130p.
- PINO, F. A.; AMARO, A. A. previsão de safras de Citros: algumas possibilidades no Estado de São Paulo. *Revista a Laranja*, Cordeirópolis, v.7 n.2 p.403-422, 1986.
- PIRES, R.C.M. Manejo da água na irrigação dos citros. *Laranja*, Cordeirópolis, v.13 n.1 p.237-260, 1992.
- REEVE, J.O. & FURR, J.R. Evaporation from a shallow black pan evaporimeter as an index of oil moisture extraction by mature citrus trees. *Proceedings American Society Horticultural Science* v.39 p.125-132, 1941.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Campinas: *Fundação Cargill*, 1985.
- REUTHER, W. Climate and citrus behavior. In: Reuther, W. ed. The Citrus Industry. Riverside, Univ. of California, v. 3 cap. 9 p. 280-337, 1973.
- RIBEIRO, T.A.P. Estudo dos parâmetros básicos de irrigação por microaspersão para a cultura do limão Tahiti. Campinas, UNICAMP, 1994, 125p. (Dissertação, Mestrado em Água e Solo).
- RODRIGUEZ, O. Estudo de espaçamento, porta-enxerto e adubação para laranja Baianinha *C.sinensis* L. Osbeck. Piracicaba, ESALQ, USP, SP. 1972, 82p. (Tese, doutorado).

- RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F.C.P. (coord.) Citricultura Brasileira. 2a ed. Campinas: *Fundação Cargill*, SP, 2 vol. 1991.
- SAKAI, E. Balanço hídrico e energético na cultura irrigada do feijoeiro em latossolo roxo. Piracicaba, ESALQ, , 1989, 100p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia).
- SALTER, P. F. & GOODE, J. E. Crop responses to water at different stages of growth. Commonwealth Agricultural Bureau. Research review n. 2 England, 246 p 1967.
- SEQUEIRA, E. L. S. Probabilidade de atendimento natural das necessidades hídricas de citros em SP. Piracicaba, ESALQ, 1990 94 p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia).
- SHALHEVET, J.; MANTELE, A.; BIELORAI, H.; SHIMSHI, D. ed. Irrigation of field and orchard crops under semiarid conditions. International Irrigation Information Center. Israel, Publ n. 1 p. 71-87 132 p. 1978.
- SILVA, G. L. S. VICENTE J. R.; CASER, D. V. Variações do tempo e produtividade agrícola: um subsídio à previsão de safras no Estado de São Paulo. Campinas: *Fundação Cargill*, 1986.
- SILVA, G. L. S. VICENTE J. R.; FAGUNDES, L. Modelos de previsão de área e de rendimento para as culturas de cana-de-açúcar, café e laranja em São Paulo. *Agricultura em São Paulo*, v.41 n.2 p.103-125, 1994.
- SITES, J. W.; REITZ, H. J.; DESZYCK, E. J. Some results of irrigation research with Florida citrus. *Proceedings Florida State Horticultural Society* v.64 p.71-79, 1951.
- SUZUKI, T. & KANEKO, M. The effect of suction pressures in the soil solution during summer on growth and fruitin of young satsuma orange trees. *Journal Jpn. Society Horticultural Science* v.39 p. 99-106, 1970.
- SYVERTSEN J. P. -Integration of Water Stress in Fruit trees - Agricultural Experimental Station Journal Series n.5785 *Horticultural Science* , Florida, v.20 n.6 p. 1039-41, Dec. 1985.
- TAYLOR, S. A. managing irrigation water on the farm. Transaction of *ASAE*. St. Joseph, v.8 p.433-456, 1965.
- TEÓFILO,J.S. Comportamento da laranjeira valência (*c. sinensis* L. **Osbeck**) sobre diferentes porta-enxertos. Piracicaba. ESALQ, 1972, 68p. (Tese, doutorado em Agronomia).
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance. Centerton, N. J. , Laboratory of Climatology, 1955, 104 p. (Publications in Climatology vol. 8 n. 1).
- TUBELIS, A. Estimativa de safra de laranja Hamlin em cinco porta-enxertos. *Revista Laranja*, Cordeirópolis, v.2 n.10 p.531-543, 1989.

- TUBELIS, A.; SALIBE, A. A. Relação entre produtividade de Laranja Hamlin sobre porta-enxerto Caipira e as precipitações mensais no altiplano de Botucatu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23 n. 3 p.239-246, 1986.
- TUBELIS, A.; SALIBE, A.A. Previsão de colheita em função de chuvas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15 n.4 : p. 413-417, 1989.
- VAN BAVEL C.H.M.; NEWMAN,J.E.; HILGEMAN,R.H. Climate and estimated water use by an orange orchard. **Agricultural Meteorology**, v.126 p.1-13, 1966.
- VEIHMEYER, F. J. E HENDRICKSON, A. H. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. **Soil Science**, v.68 p.75-94, 1950.
- VIEIRA, D. B. Irrigação de citros. In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F.C.P. (Coord.) Citricultura Brasileira. Campinas: *Fundação Cargill*, v.2 p. 519-541, 1991.
- VIEIRA, D. B. Relatório de ensaio - Seção de Irrigação e Drenagem. Estação Experimental de Pindorama, 1969. (Não Publicado).
- VILLA NOVA, N.A. & OMETTO,J.C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4. Fortaleza, **Anais**. ABRH v.3 p. 281-299., 1981.
- VOLPE, C.A. Fenologia de citros. In: II SEMINÁRIO DE FISILOGIA DOS CITROS. Estação experimental de Bebedouro, SP. p.107-120. Campinas: *Fundação Cargill*. Agosto, 1992.
- WEILL, M. A. M. Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo na produção de cafeeiros na região de Marília e Garça, SP. Piracicaba, ESALQ, 1990, 200p., (Dissertação, Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- WESTPHALEN, S. L.; MOTA, F. S. da; BEIRSDORF, M. I. C.; ACOSTA, M. J. C.; MOTTA, W. A.; Citrus. In: ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. Pelotas, EMBRAPA/IPEAS v. 2, p.111-4 (circular 50), 1974.
- WITT de, C.T. Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. John Wiley & Sons, N.Y. 1978, 140p.
- WRIGHT, L. New evapotranspiration crop coefficients. Journal of the irrigation and Drainage Division, New York, 108 p.57-75, 1982.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. SANEST-Sistema de análise estatística para microcomputadores. Universidade Federal de Pelotas, RS. 1989 (*manual do sistema*).
- ZULLO, JR, J.; ARRUDA, F.B. Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1987. (*Boletim técnico*, 113), 31p.