

Fisiologia da produção dos Citros

Camilo Lázaro Medina

clmedina@conplant.com.br

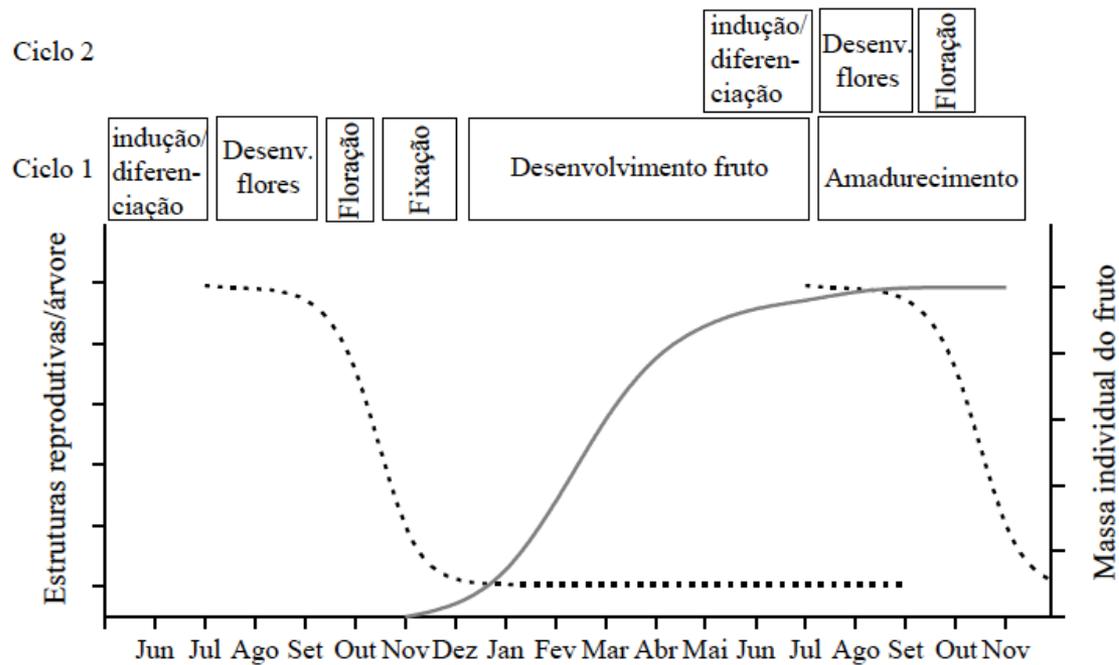


Figura 1: Esquema do ciclo produtivo anual dos citros. Os retângulos acima representam os principais processos que determinam a produção. As curvas representam a evolução do número de estruturas reprodutivas (-----) e o incremento na massa individual dos frutos (—). Adaptado de Goldschmidt & Monselise, 1978; apud Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996.

Dovis (2012)

CITRICULTURA

Alternância de safra

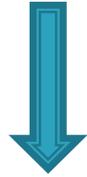
Ausência de florescimento satisfatório

Aborto excessivo das flores

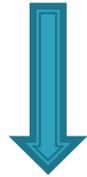
A produção em laranjeira é determinada pelo número e tamanho dos frutos colhidos que dependem de três processos: florescimento, da fixação e do crescimento

Formação da Produtividade

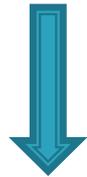
Número de Flores



Número de Frutos fixados



Crescimento dos Frutos

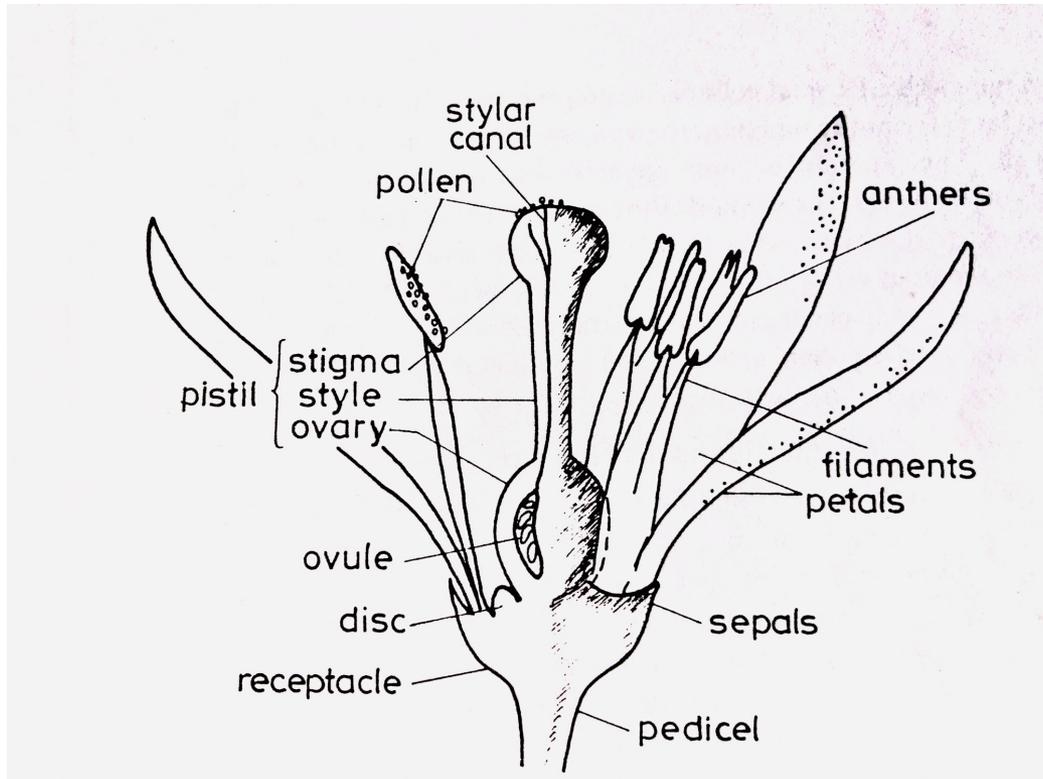


Produção em Kg/planta

As
inflorescências
cítricas são
ramos
floríferos
(Sauer 1951;
Moss, 1969)
classificadas
botanicamente
como cimosas.



A flor da laranjeira



Spigel-Roy and Goldschmidt (1996)

Muitas espécies
são auto-
polinizadas
como as
laranjeiras e as
limas.



Há ainda diversas lacunas no conhecimento do florescimento:

- ✓ Há impossibilidade de separar morfológicamente, os meristemas reprodutivos dos vegetativos, antes da brotação da primavera, visto que nem todas as gemas do ramo produzem flores (Abbot, 1935; Lord e Eckard, 1985).
- ✓ O destino da gema (vegetativa ou reprodutiva) não é definido ao acaso, mas depende de condições fisiológicas e de desenvolvimento de cada ramo e de condições do ambiente (Reuther, 1973).

Etapas do florescimento

A transição do estágio vegetativo para o reprodutivo pode ser dividida em cinco fases (Rena e Maestri, 1986; Metzger, 1987; Davenport, 1990 a; Krajewski e Rabe, 1995a):

- (i) indução;
- (ii) evocação;
- (iii) iniciação floral;
- (iv) desenvolvimento ou morfogênese da inflorescência; e
- (v) antese ou abertura da flor.

(Medina et al., 2001)

As etapas para o desenvolvimento do florescimento são resultados de interações complexas entre o genoma, hormônios, sistemas de membranas, moléculas transportadoras, sítios receptores, enzimas, promotores e inibidores e várias condições ambientais (Krajewski e Rabe, 1995).

Nos citros, a transição da fase vegetativa para a reprodutiva pode ocorrer de duas maneiras:

(i) as gemas permanecem indeterminadas (reprodutivas/vegetativas) até imediatamente antes da brotação (Hall et al., 1977)

(ii) entram em repouso no final do outono já determinadas (vegetativas/reprodutivas) (Goldschmidt e Monselise, 1970).

Diversas práticas culturais realizadas antes do florescimento influenciam antes do repouso: giberelinas; anelamento ou eliminação de frutos.

Giberelina pode reverter o desenvolvimento de gemas florais a vegetativas, antes da diferenciação das sépalas: sugere que as transformações irreversíveis dos meristemas ocorrem tardiamente, no início da brotação.

(Guardiola, 1981; Guardiola et al., 1982; García-Luis et al., 1986; Lovatt et al., 1984; Lord e Eckard, 1987).

Estádio da
gema para
aplicação de
GA3 10 mg/l
para reduzir
florescimento
(1 mm)



Em lima ácida ‘Tahiti’, as evidências indicam que a indução ocorre imediatamente antes da diferenciação floral, pois somente as gemas que iniciaram o desenvolvimento durante as condições indutivas de déficit hídrico ou de baixas temperaturas produziram flores (Southwick e Davenport, 1986).

	<u>spring</u>	<u>summer</u>	<u>fall</u>	<u>winter</u>	<u>spring</u>
Satsuma mandarin (<i>Citrus unshiu</i>)	Flush		Floral induction	Evocation	Bloom Flush
Trifoliate orange (<i>Poncirus trifoliata</i>)	Flush	Floral induction	Evocation		Evocation Bloom Flush
Kumquat (<i>Fortunella</i>)	Flush	Floral induction	Evocation	Bloom	

Fig. 1. Schematic diagram of seasonal periodicity in flowering of three Rutaceae genera. Upper panel: Satsuma mandarin (*C. unshiu* Marcow). Middle panel: Trifoliate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.). Lower panel: Kumquat (*Fortunella*).

F. Nishikawa, 2013

Onde ocorre o florescimento ?

- ▶ A *competência reprodutiva* do meristema caulinar pode estar relacionada a sua idade

O florescimento nas laranjeiras ocorre notadamente em ramos com 6 a 18 meses que não possuem frutos.

Ramos sem frutos



Ramos com frutos



Posição dos nós e florescimento



Exceção: Afourer, Decopon



Faltam estudos sobre o florescimento
nos diferentes citros existentes

Tipos de inflorescências e potencial de frutificação EM LARANJEIRAS



Florescimento e frutificação em lima ácida ‘Tahiti’

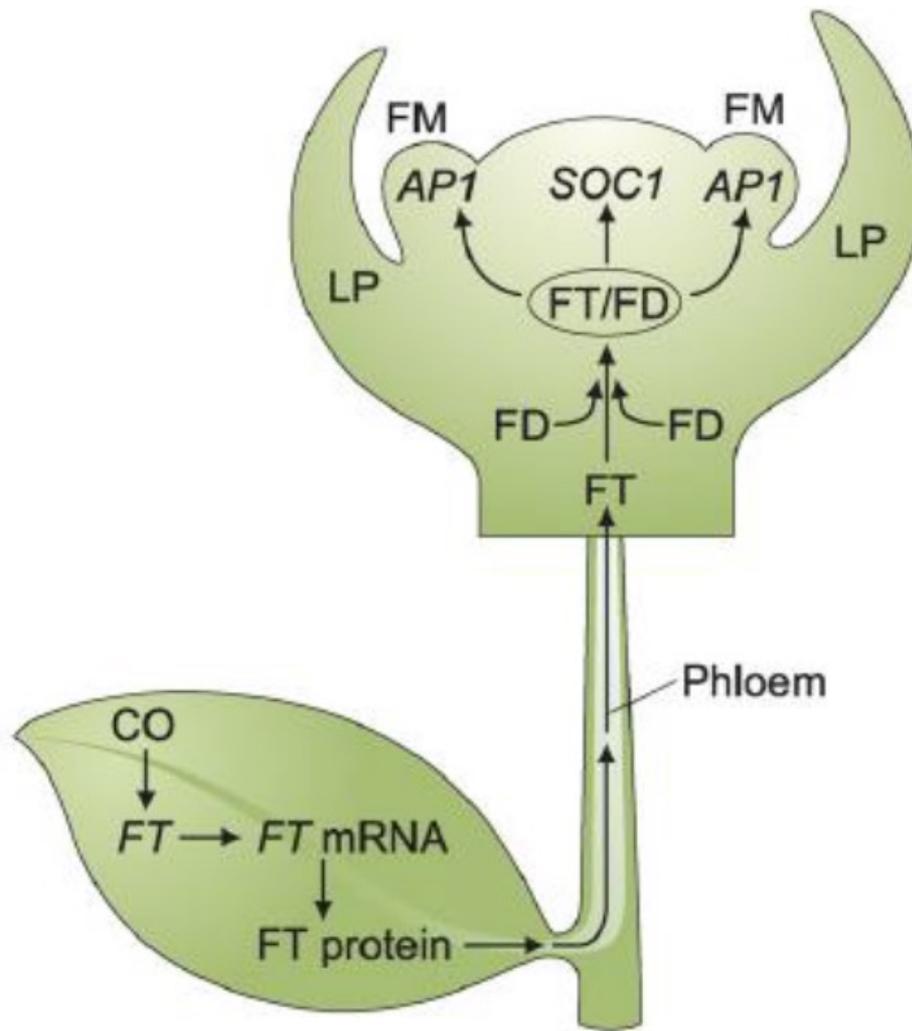


Quando ocorre o Florescimento ?

As plantas cítricas são capazes de florescer numa faixa muito ampla de condições climáticas, sendo, assim, possivelmente auto-indutivas (Monselise, 1985), ou seja, a indução floral ocorre independentemente das condições ambientais

A participação do clima no processo de floração é inegável, especialmente o déficit hídrico nas regiões tropicais e/ou temperaturas baixas nas subtropicais (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996).

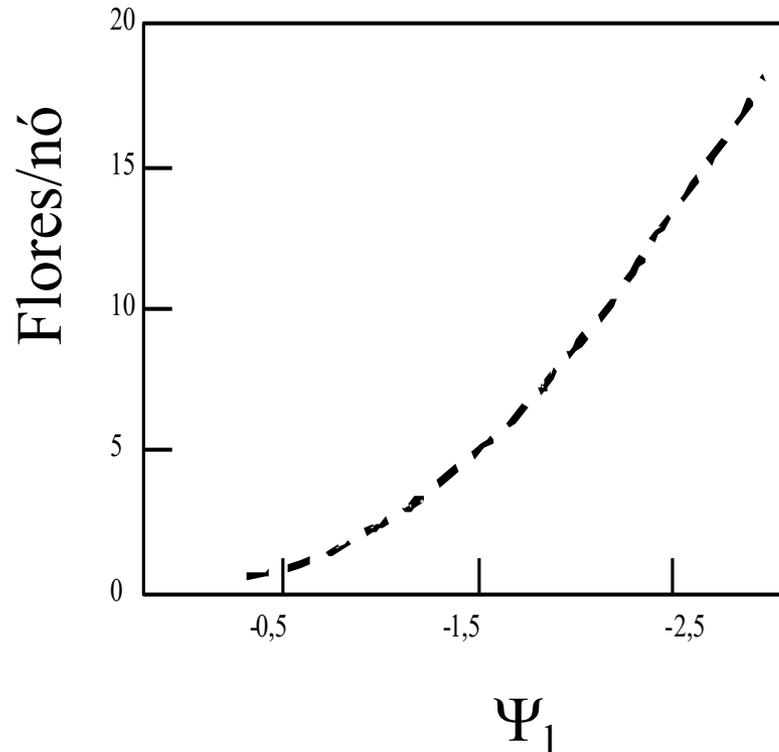
É provável que eles atuem pela supressão do crescimento vegetativo (Spiegel-Roy e Goldschmidt, 1996), estimulando a floração de forma quantitativa, (Moss, 1969; Southwick e Davenport, 1986, 1987; Lovatt et al., 1988), não apresentando, portanto, um efeito de ‘tudo-ou-nada’



Current Opinion in Plant Biology

Modelo de indução floral : Zeevaart, 2008

Estresse hídrico & Florescimento



Densidade de flores em lima ácida ‘Tahiti’, cinco semanas após a irrigação, em relação ao potencial da água na folha medido ao amanhecer (Pire & Rojas, 1999).

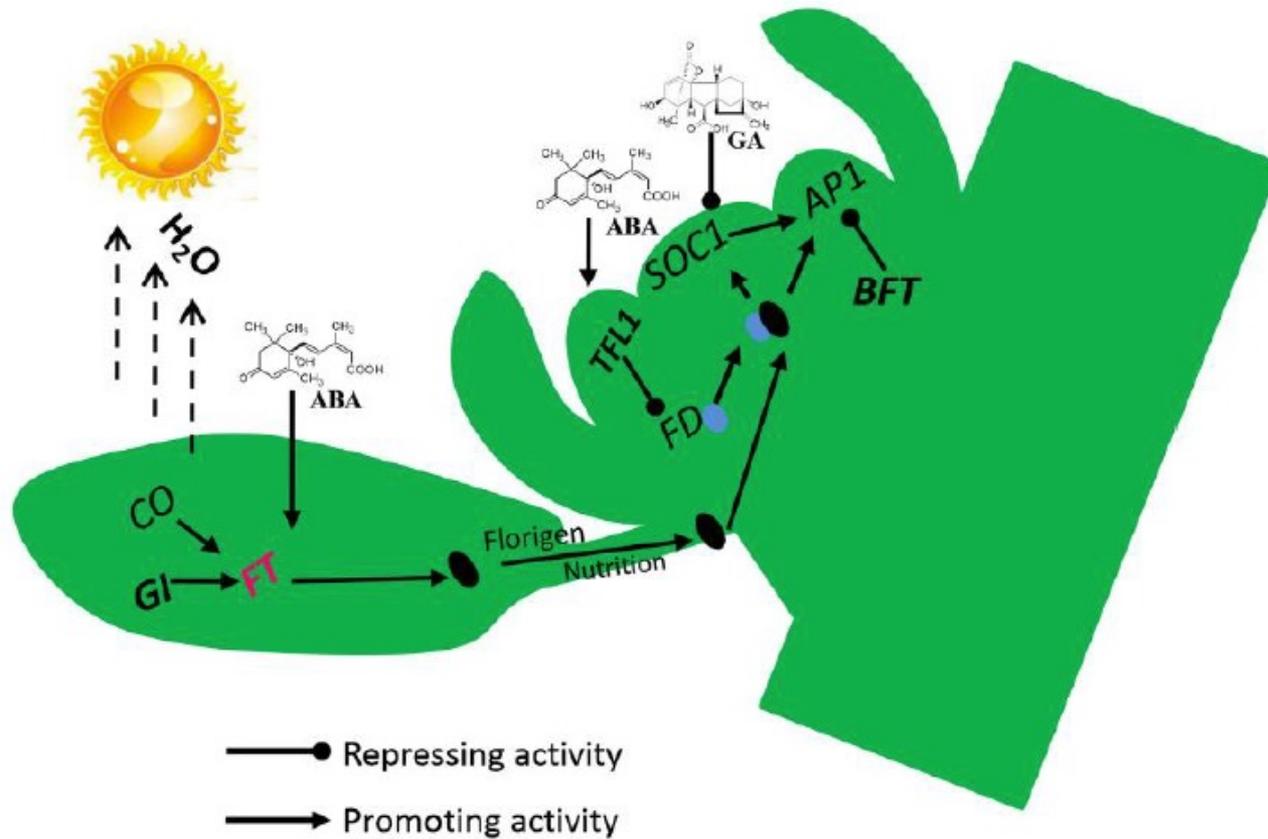
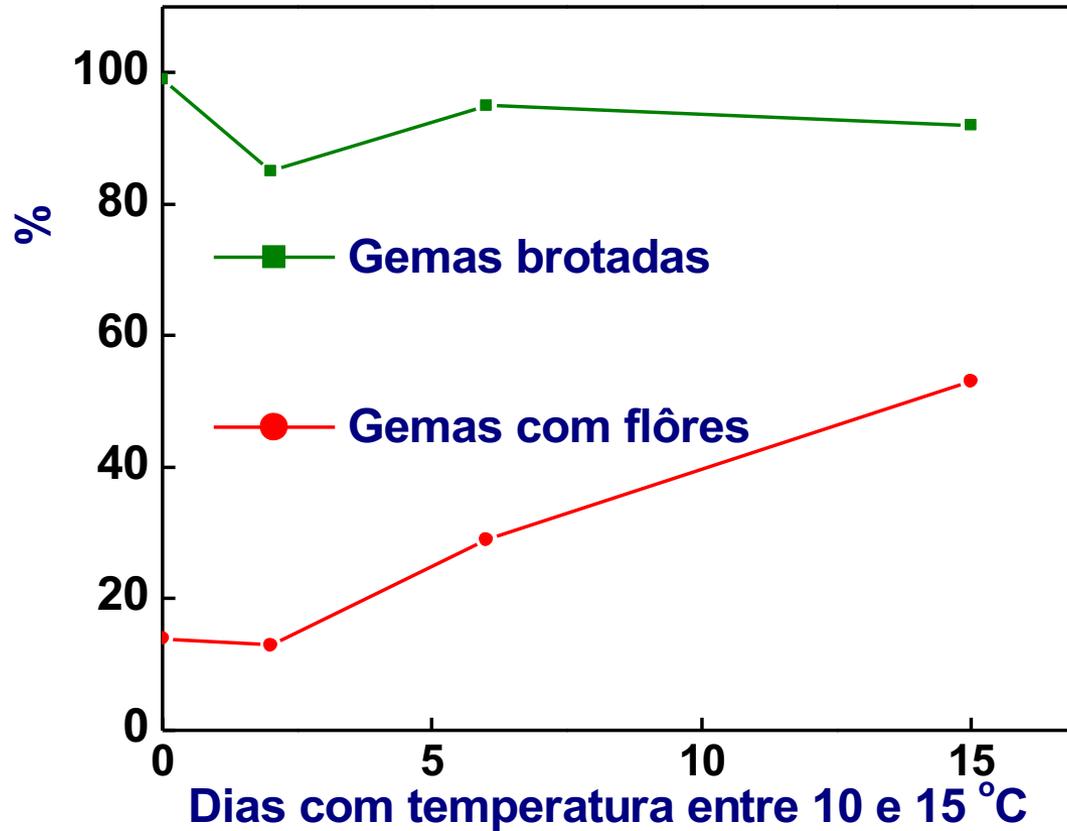


Figure 3: Proposed flowering model during drought stress (Li et al., 2017)

Para o frio atuar isoladamente e promover o florescimento, há necessidade de 800 a 1000 horas de temperaturas abaixo de 20 °C sem interrupções no período, por estímulos às novas brotações, ou seja, a ocorrência de temperaturas máximas acima de 26,6 e mínimas superiores a 21,1 °C por mais de 7 dias seguidos (ALBRIGO et al., 2003)

INDUÇÃO PELO FRIO



Garcia et al. 1992

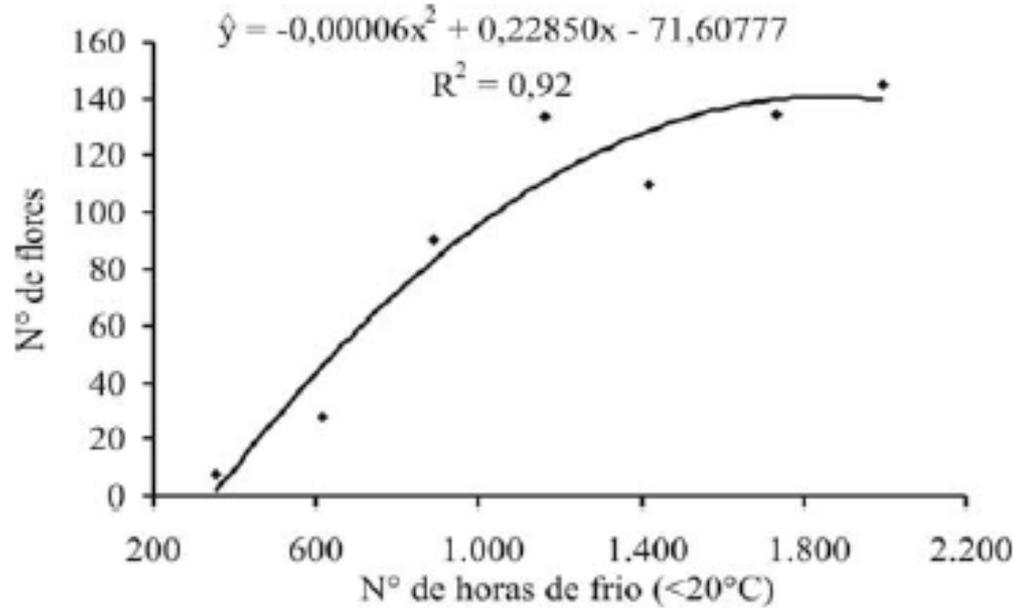


FIGURA 2- Estimativa do efeito do número de horas de frio acumuladas - HFA (menores que 20°C) sobre o número médio de flores produzidas por tangerineiras 'Ponkan'.

Lelis et al., 2008

Garcia-Luis et al. (1992)
constatarem, em gemas de
tangerina ‘Satsuma’ *in vitro*, que
temperaturas baixas exercem
função dupla, a de quebrar a
dormência das gemas e a de induzir
as gemas ao florescimento.

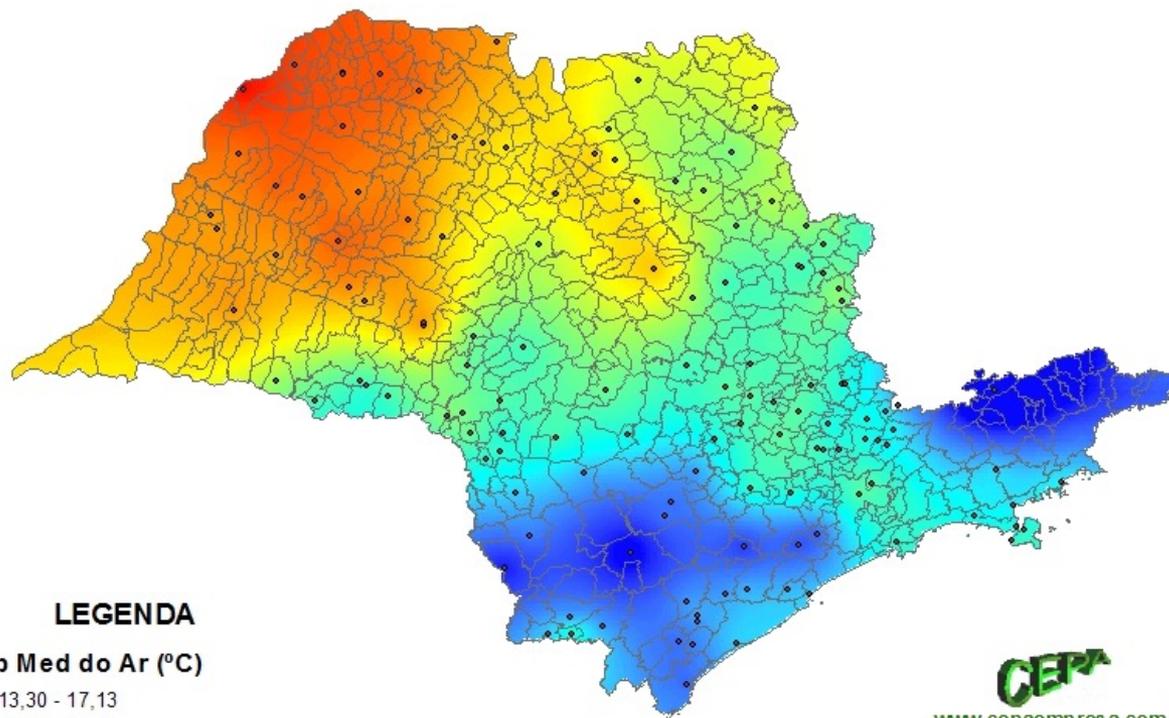
TABLE I
Effects of air and soil temperatures in winter on the number of days to flower bud break and to flowering time in Experiments I and III

Air/Soil temperatures	Days after treatment		
	Flower bud break	50% flowering	Flowering period (days)
Experiment I			
15/15°C	33	81	20
15/30°C	21	70	18
30/15°C	11	33	4
30/30°C	7	15	6
Experiment III			
25/15°C	8	26	12
25/25°C	4	20	8
25/30°C	4	20	6

(Poerwanto & Inoue, 1990)

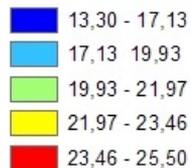
Temperatura Média do Ar

23 a 29 de Julho de 2012



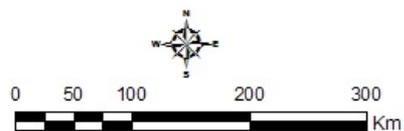
LEGENDA

Temp Med do Ar (°C)



 Delimitação dos Municípios de SP

 Postos Meteorológicos



1:5.000.000

CEPA

www.cepaempres.a.com.br

IAC

www.ciiagro.sp.gov.br

Fonte de dados: Ciiagro - IAC
Campinas/SP - 2012

Influência do clima sobre a formação das flores



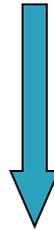
No planalto paulista o período entre julho e setembro corresponde à época de baixos índices pluviométricos e temperaturas mais baixas em que a planta apresenta baixa atividade de crescimento. Quando ocorrem precipitações acima de 20 mm e aumento da temperatura após setembro, iniciam-se os processos de brotação e florescimento. A partir de outubro, as temperaturas são mais elevadas e tem início a estação chuvosa que se estende até março. Nesse período, a planta frutifica e os ramos e frutos crescem vigorosamente. De abril a setembro a baixa atividade de crescimento, em 2 combinação com a queda da temperatura e da umidade do solo, estimula a maturação dos frutos e a preparação das gemas para o próximo florescimento. MAGALHÃES FILHO 2009

FLORESCIMENTO

Indutores naturais do florescimento:

Estresse hídrico

Frio



**90% do florescimento em
Agosto/Outubro**

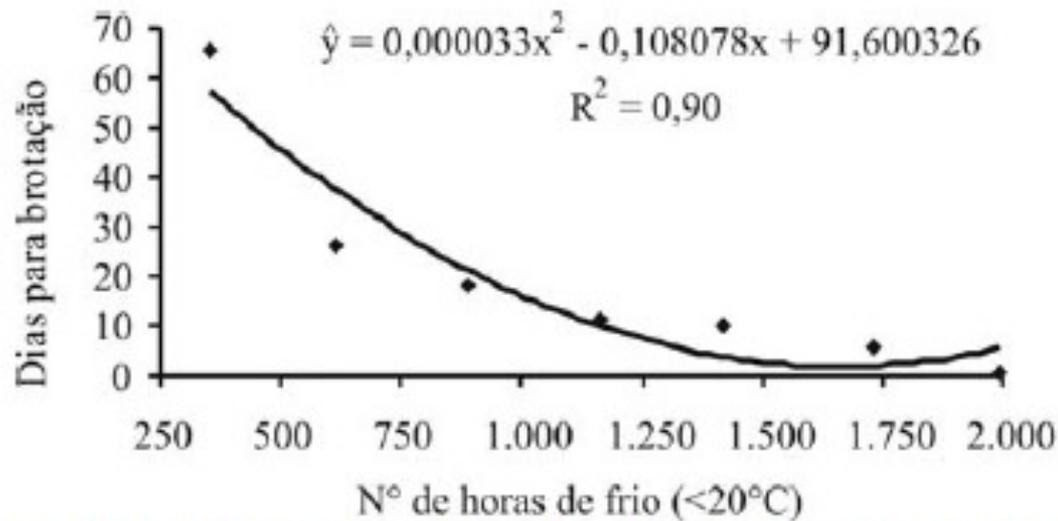


FIGURA 1- Estimativa do efeito do número de horas de frio acumuladas - HFA (menores que 20°C) sobre o início da floração de tangerineiras 'Ponkan'.

Lelis et al., 2008

FLORESCIMENTO TEMPORÃO EM PONKAN EM 27 DE
DEZEMBRO DE 2019 EM JALES SP (NOROESTE PAULISTA)



FRUTOS RESULTANTES EM
ABRIL DE 2020

- Supressão do florescimento regular de primavera
- Promoção de indução de gemas floríferas na primavera e verão.



- ✓ Prática de anelamento: tratamento provavelmente reprime o crescimento de brotos e raízes vegetativas e promove indução floral em citros (Goldschmidt et al., 1985; Inoue et al., 1991; Iwahori et al., 1990).
- ✓ A remoção de frutas também promove a indução floral (Garcia-Luis et al., 1986; Iwasaki, 1959; Nishikawa et al., 2012; Okuda et al., 1996).
- ✓ A presença da fruta na árvore resulta em uma inibição gradual do floral indução.
- ✓ O desbaste precoce dos frutos aumenta o número de flores na primavera seguinte (Garcia-Luis et al., 1986; Iwasaki, 1959; Okuda et al., 1996).

Os efeitos de fatores como desfolhamento, anelamento, remoção de frutas parecem estar associada a fatores nutricionais (carboidratos):

(Garcia-Luis et al., 1995; Goldschmidt et al., 1985; Mart.nez-Fuentes et al., 2010).

Fatores hormonais envolvidos ? Acúmulo de auxinas, ABA, etc.

Juvenilidade



Carga pendente

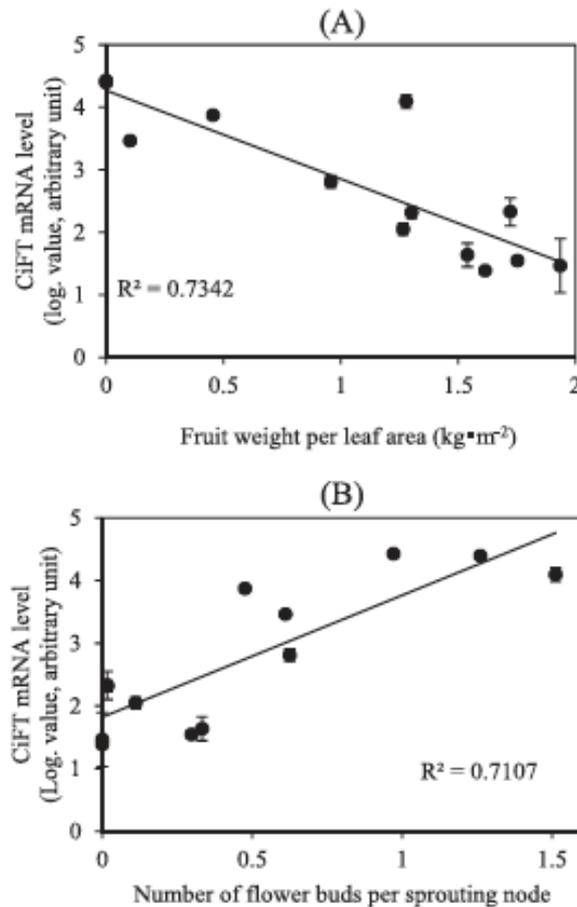


Fig. 5. Correlation between *CiFT* mRNA levels and fruit weight per leaf area at harvest (A) and number of flower buds in the following spring (B). From each of 12 satsuma mandarin trees, approximately five vegetative shoots were collected in November and the stem was used for RNA extraction. Data for gene expression are presented as the mean (logarithmical value) \pm SE (n=3).

Inibição por efeitos
hormonais e exaustão de
carboidratos



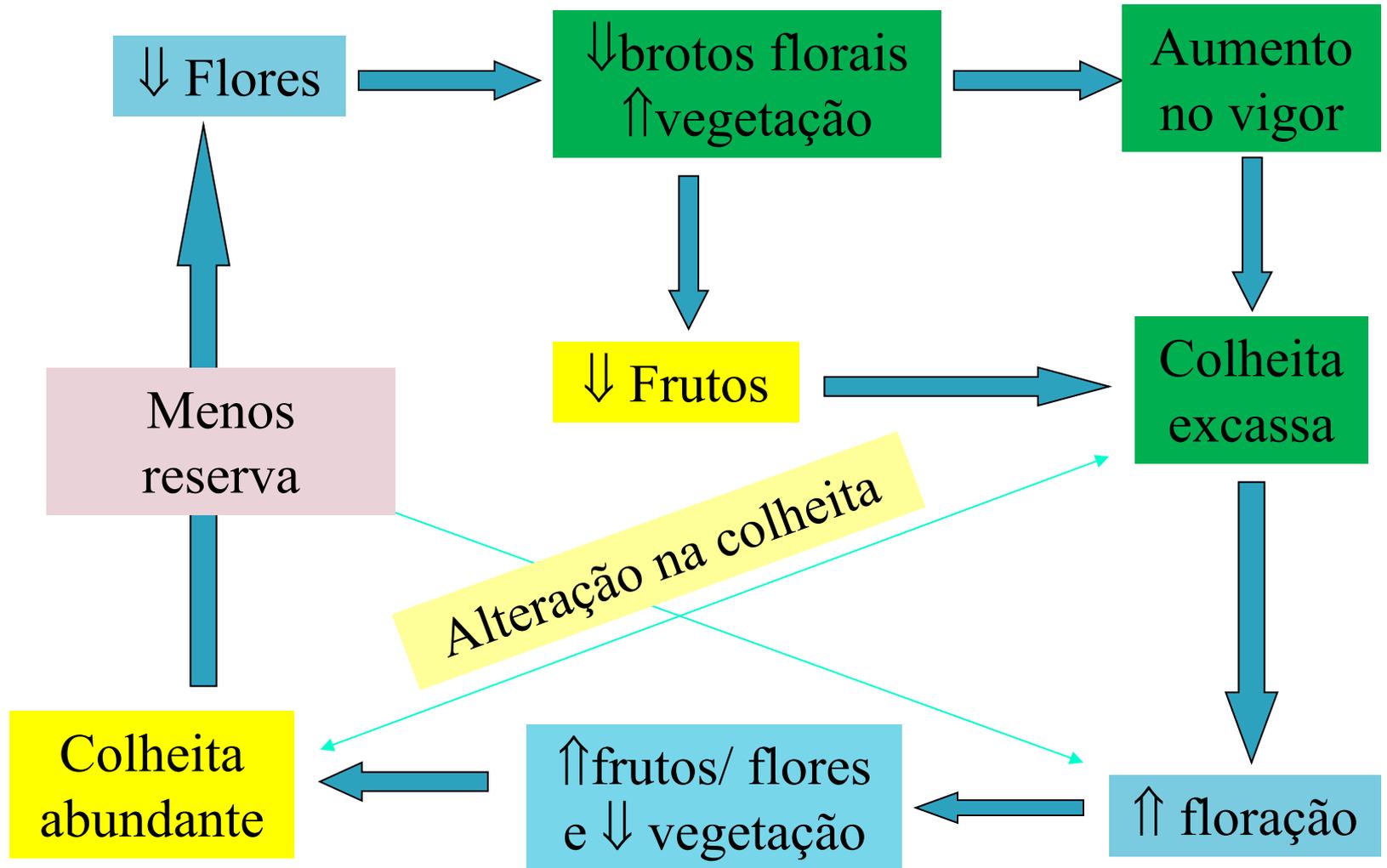
6) Outros fatores que afetam o florescimento

A desfolhamento precoce >> reduz a expressão de genes relacionados

A giberelina GA_3 . >> reduz a expressão

Paclobutrazol >> aumenta a expressão

Esquema da alternância de Safra

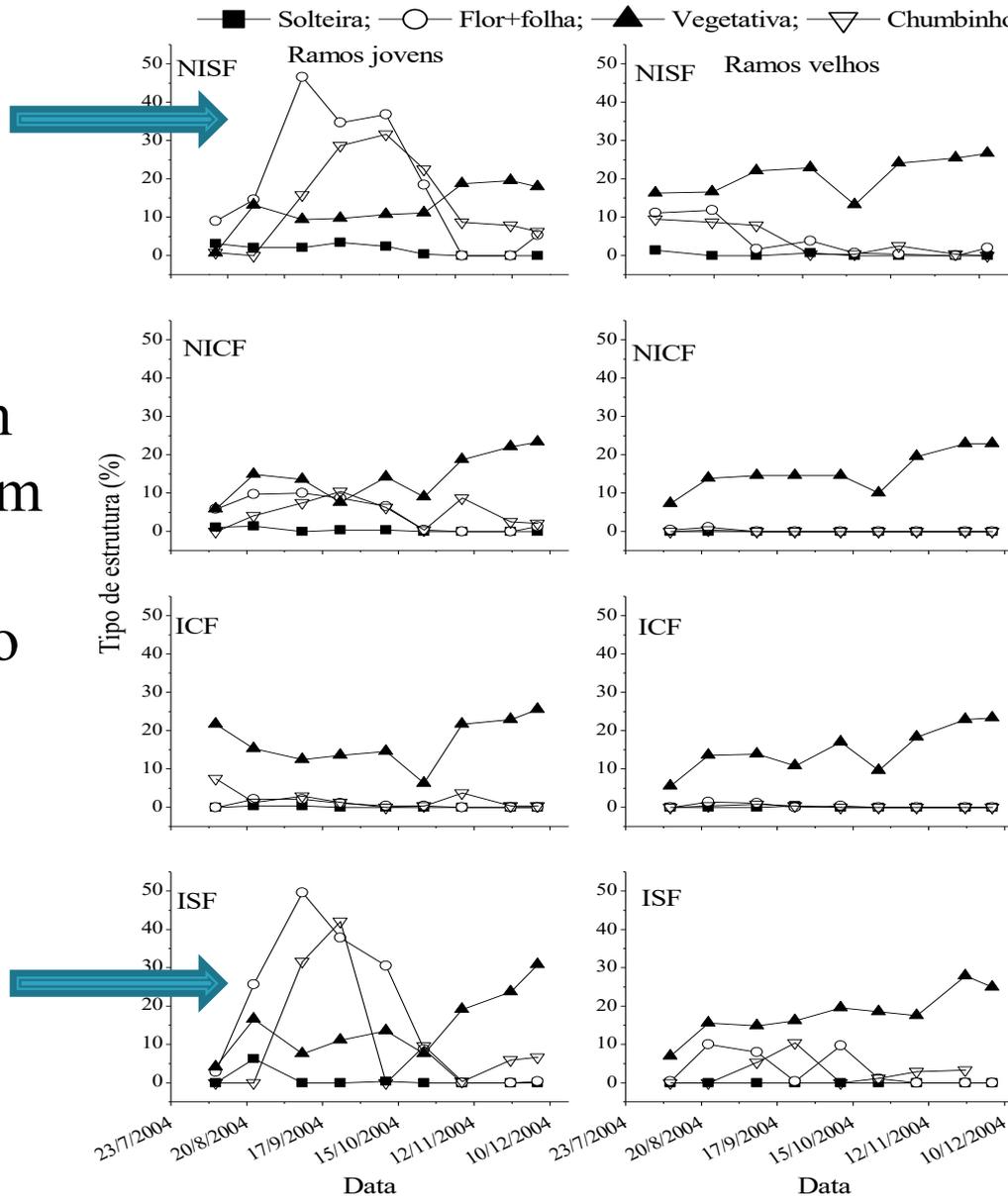


Estudos para manejo da cultura

Tipos de estruturas (reprodutivas ou vegetativas) brotadas a partir gemas (288 gemas por tratamento) em laranjeira 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo' irrigada com (ICF) ou sem fruto (ISF); e não irrigadas e com frutos (NICF) ou sem frutos (NISF).

Prado et al.2004

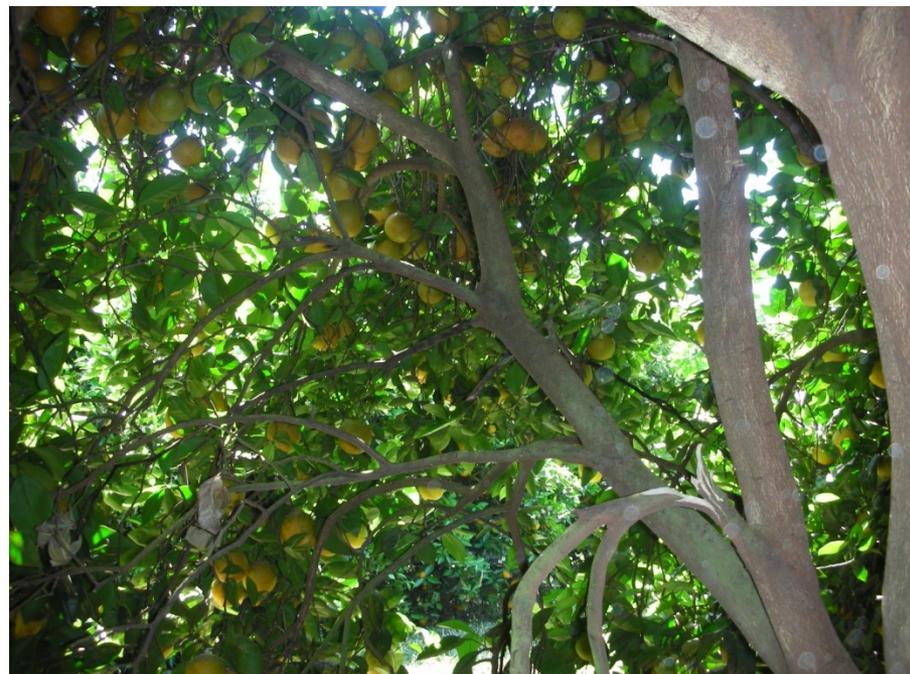
Ramos
jovens com
6 meses sem
frutos
brotados no
verão



Prado et al.2004



Nutrição adequada e água:
maior possibilidade de
redução da alternância de
safra



FLORESCIMENTO DOS CITROS



100.000 FLORES POR PLANTA

**0,5 A 1% DE PEGAMENTO = 500 A 1000 FRUTOS = 1,8
A 3,5 CAIXAS/PLANTA**

O quê uma flor polinizada precisa para fixar-se na planta ?

Água

**Nutrientes
(carboidratos e
minerais)**



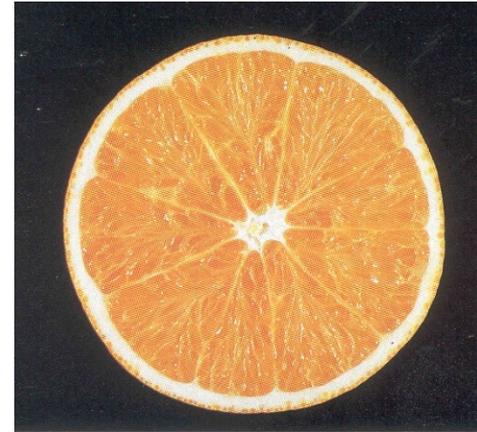
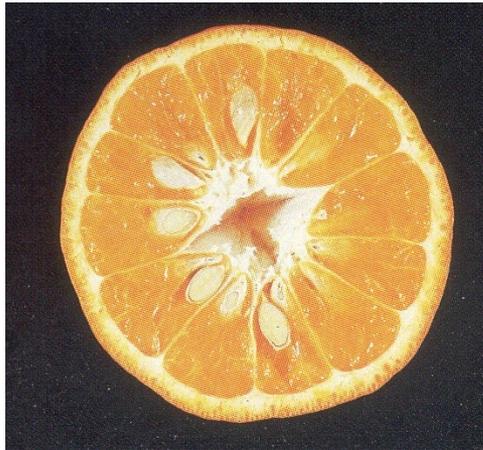
**Hormônios para
divisão e
crescimento
celular**

Temperatura adequada

FRUTOS COM SEMENTE

&

FRUTOS SEM SEMENTES



As respostas são diferentes para cultivares
com sementes

Consumo de carbono por uma flor de Pomelo

mg de C/parte Est. /Resp.

Estigma	6,25/1,56
Anteras	13,62/3,64
Ovário	10,66/2,12
Pétalas	32,04/6,6



**123 mg de
massa seca**

Bustan & Goldshimid (1999)

EXIGÊNCIAS DE CARBOIDRATOS PARA FORMAÇÃO DE UMA FLOR

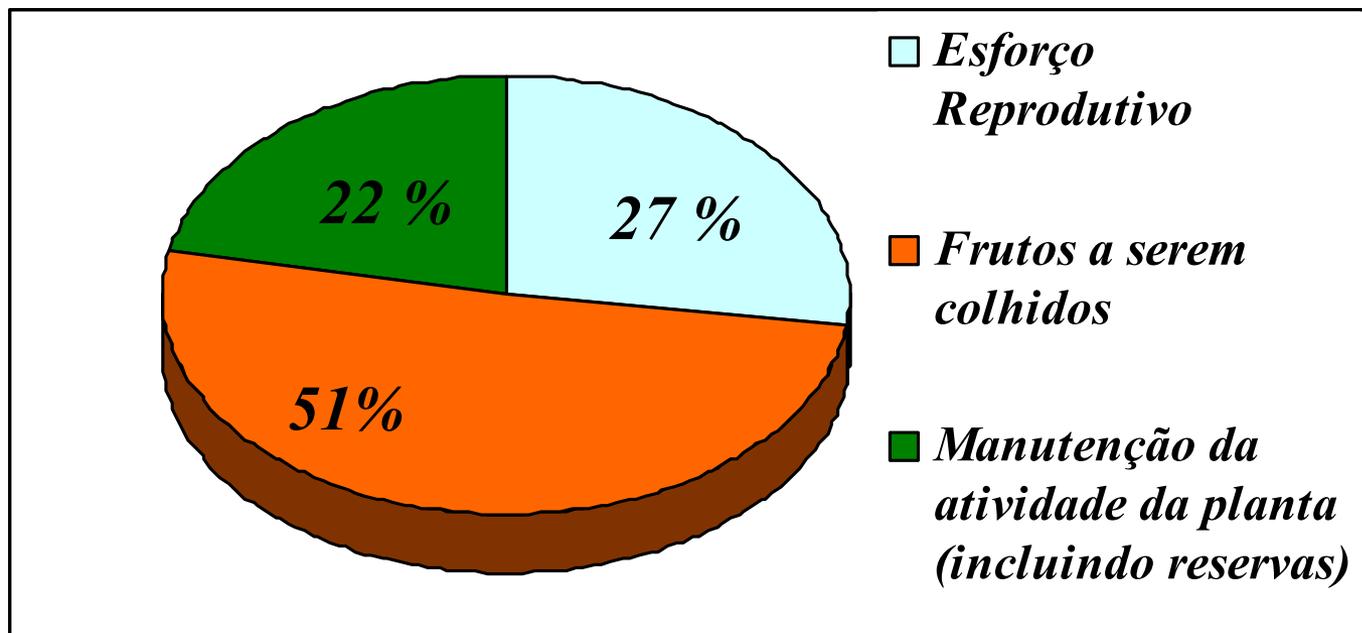
ÓRGÃO	MASSA SECA	CARBONO EXIGIDO	GASTO COM RESPIRAÇÃO
	mg/órgão	mg de C/órgão	mg de C/órgão
PEDICELO	14,10	6,42	0,816
PÉTALAS	59,33	32,04	6,58
ANTERAS	21,41	13,62	3,64
OVÁRIO	18,12	10,66	2,12
ESTIGMA	10,22	6,25	1,56
TOTAL DA FLOR	123,18	68,99	15,12

ESTIMATIVA DE CONSUMO ANUAL DE CARBOIDRATOS EM UMA PLANTA CÍTRICA

Parcela	Kg de Carbono exigido	% da produção total de C
Flores	3,4	11,3
Queda de frutos	4,8	16
Frutos a serem colhidos (175 Kg)	15,48	51,6
Sub total do esforço Reprodutivo	23,68	78,9
Metabolismo e Reservas	6,32	21,1
Total produzido no ano	30,00	100

(Bustan & Goldshimidt, 2000)

EXIGÊNCIAS ANUAIS DE CARBOIDRATOS DOS CITROS





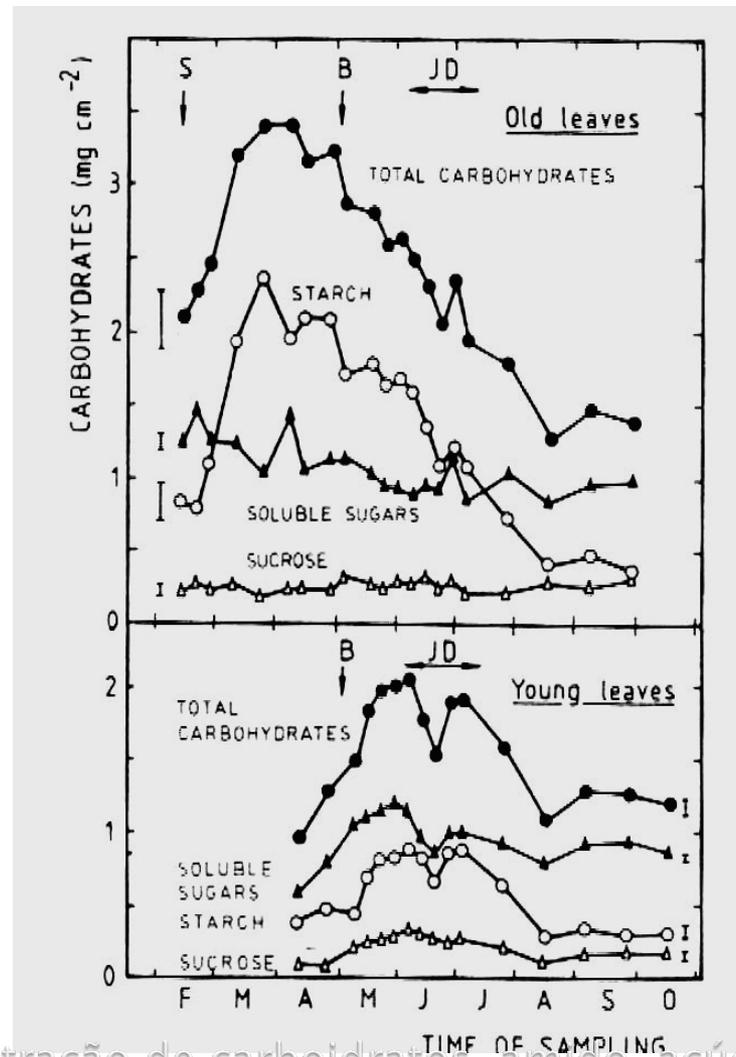
**A FORMAÇÃO DE FLORES E BROTAÇÕES
NOVAS NA PRIMAVERA DEPENDE DA
PRESENÇA DE RESERVAS ACUMULADAS NA
PLANTA**



**PROBLEMAS QUE OCORRERAM ANTES DO
FLORESCIMENTO (OUTONO E INVERNO)
COMO SECA, CALOR EXCESSIVO,
DESNUTRIÇÃO, PODEM AFETAR O
PEGAMENTO DA FLORADA SEGUINTE.**

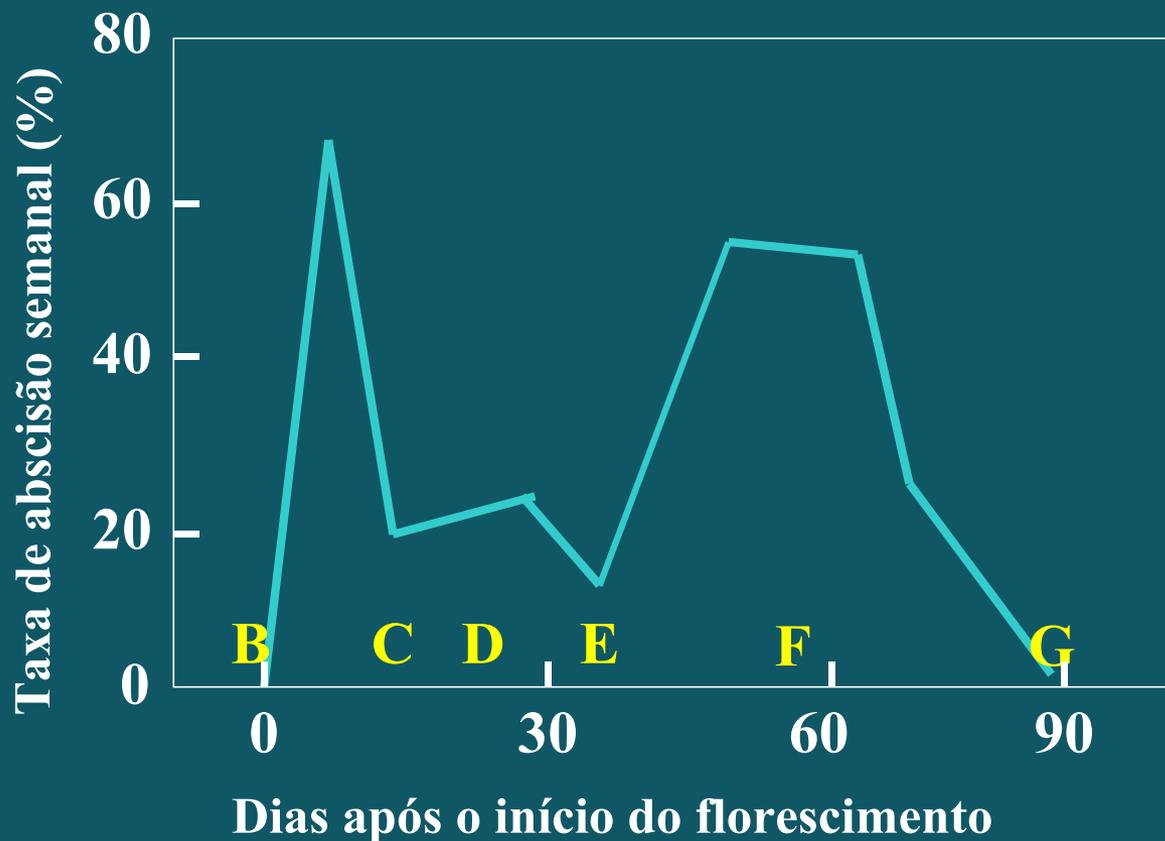
CAUSAS DO ABORTO:

MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS



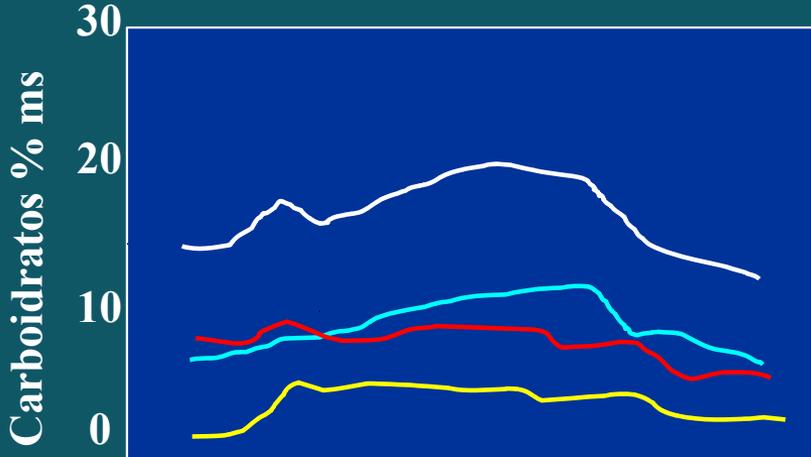
Mudanças na concentração de carboidratos, amido, açúcares solúveis e sacarose em folhas velhas e novas de laranjeiras 'Washington Navel' ('Baia') durante o início das brotações (s) em pleno florescimento (b) e na queda fisiológica (JD).
(González-Ferrer et al. 1984).

Abscisão de flores e frutos em laranja 'Baia'



Início do florescimento (B); Pleno florescimento (C); queda das pétalas (D); início da abscisão (E); Abscisão de flores com folhas (F); Final da abscisão (G). Roriz et al. (2001)

Folhas novas



Legenda:

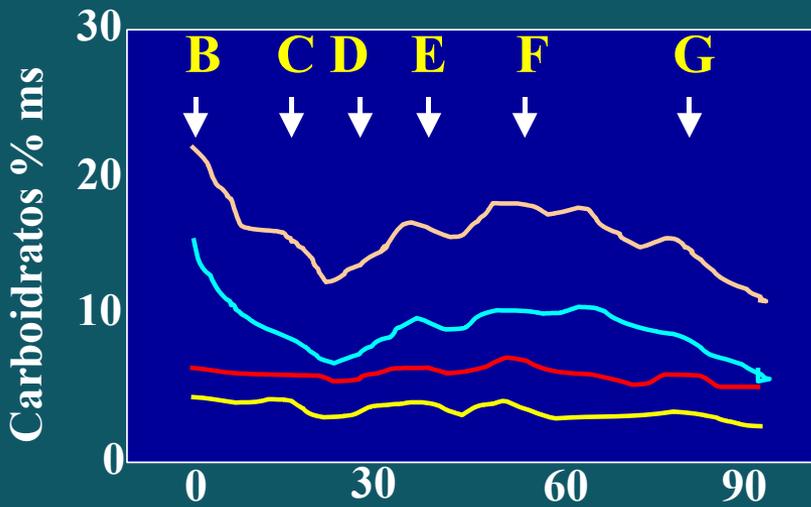
Ch total

Amido

Aç. Sol.

Sacarose

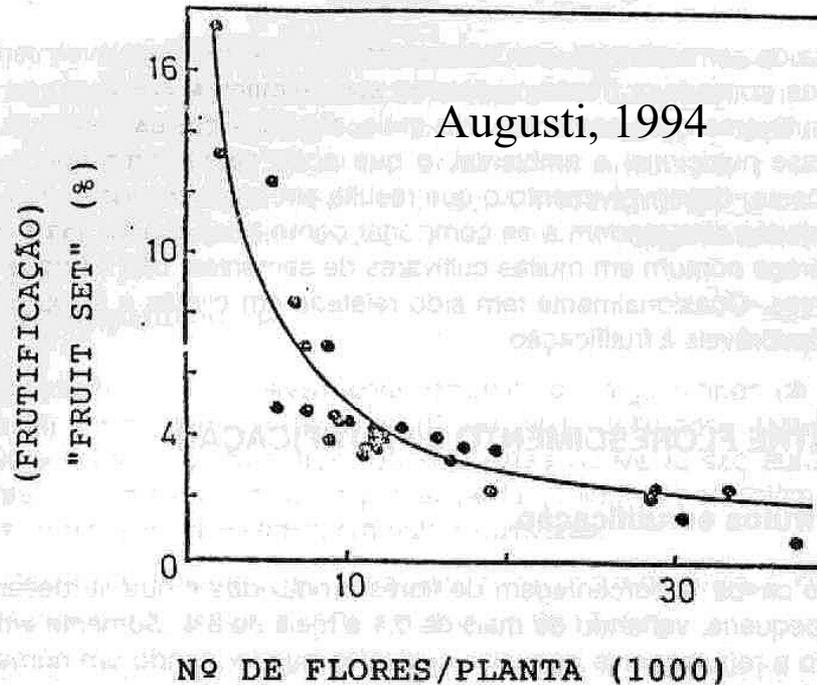
Folhas velhas



Dias após o florescimento

Balanço de carboidratos em folhas de laranja 'Baia': início do florescimento (B); Pleno florescimento (C); queda das pétalas (D); início da abscisão (E); Abscisão de flores com folhas (F); Final da abscisão (G)

EXCESSO DE FLORES



**APLICAÇÃO DE AUXINAS E
GIBERELINAS EM PRÉ
FLORADA E FLORADA**



VIGOR DA PLANTA TIPOS DE FLORES E PEGAMENTO



Maior vigor



**Flores
com mais
vegetação**



Fotossíntese e Hormônios Favorecidos

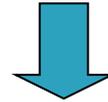


Maior frutificação

EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A DEMANDA DE CARBOIDRATO DO FLORESCIMENTO



TEMPERATURAS ALTAS



MAIOR VELOCIDADE DE BROTAÇÃO DE GEMAS

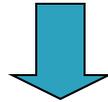


MAIOR EXIGÊNCIA DE CARBOIDRATOS



MENOR PEGAMENTO

**Desnutrição ou estresse
excessivo**



**Flores sem
vegetação**



**Menor fotossíntese e Hormônios
desfavorecidos**



Menor frutificação

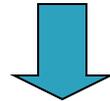


EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A DEMANDA DE CARBOIDRATO DO FLORESCIMENTO

TEMPERATURAS $< 14^{\circ}\text{C}$



MENOR FOTOSSÍNTESE



GERMINAÇÃO DE GRÃO DE POLEM



MENOR PEGAMENTO

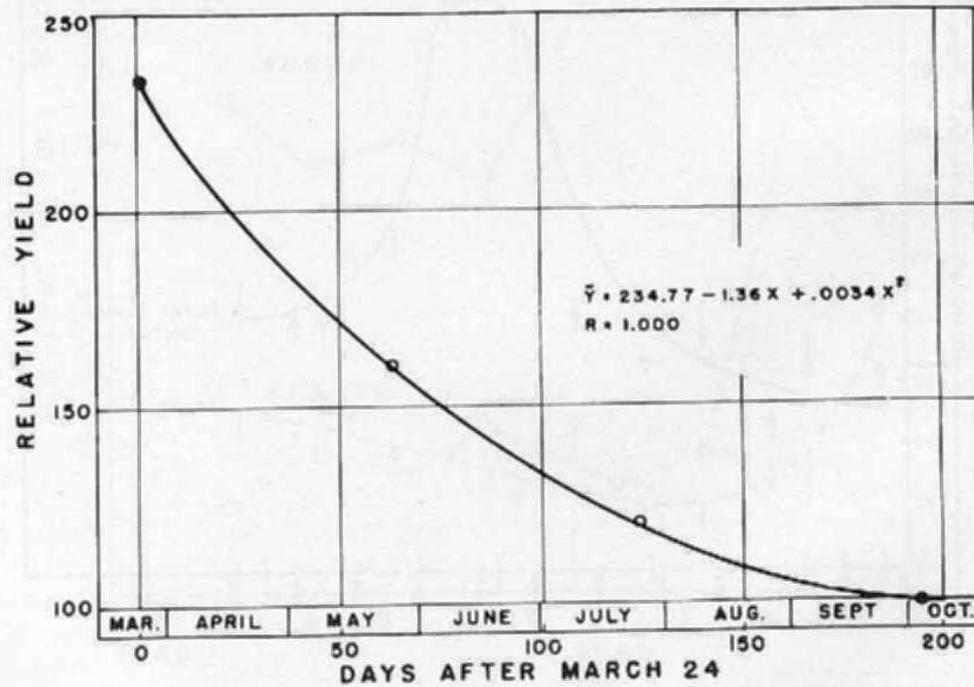
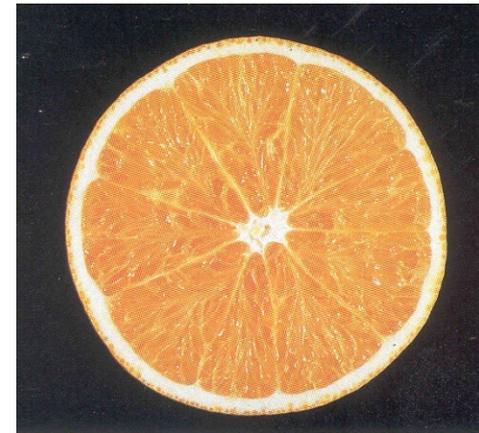
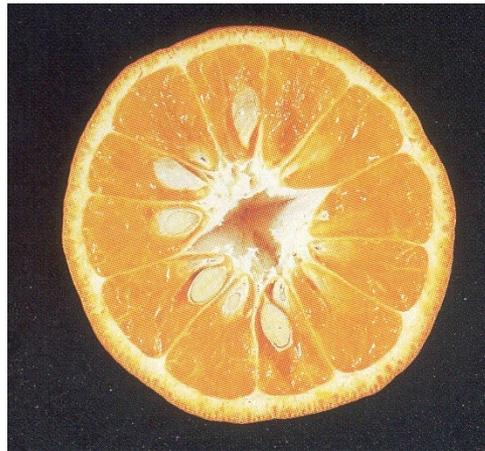


Fig. 2.6. Relative yield of Valencia oranges in California as influenced by time of harvest. Late harvest equal to 100. (From Jones and Embleton 1971.)

COMPETIÇÃO ENTRE DIFERENTES ÓRGÃOS





A fixação de frutos é facilitada em cultivares com mais sementes

ALTERNÂNCIA DE SAFRAS

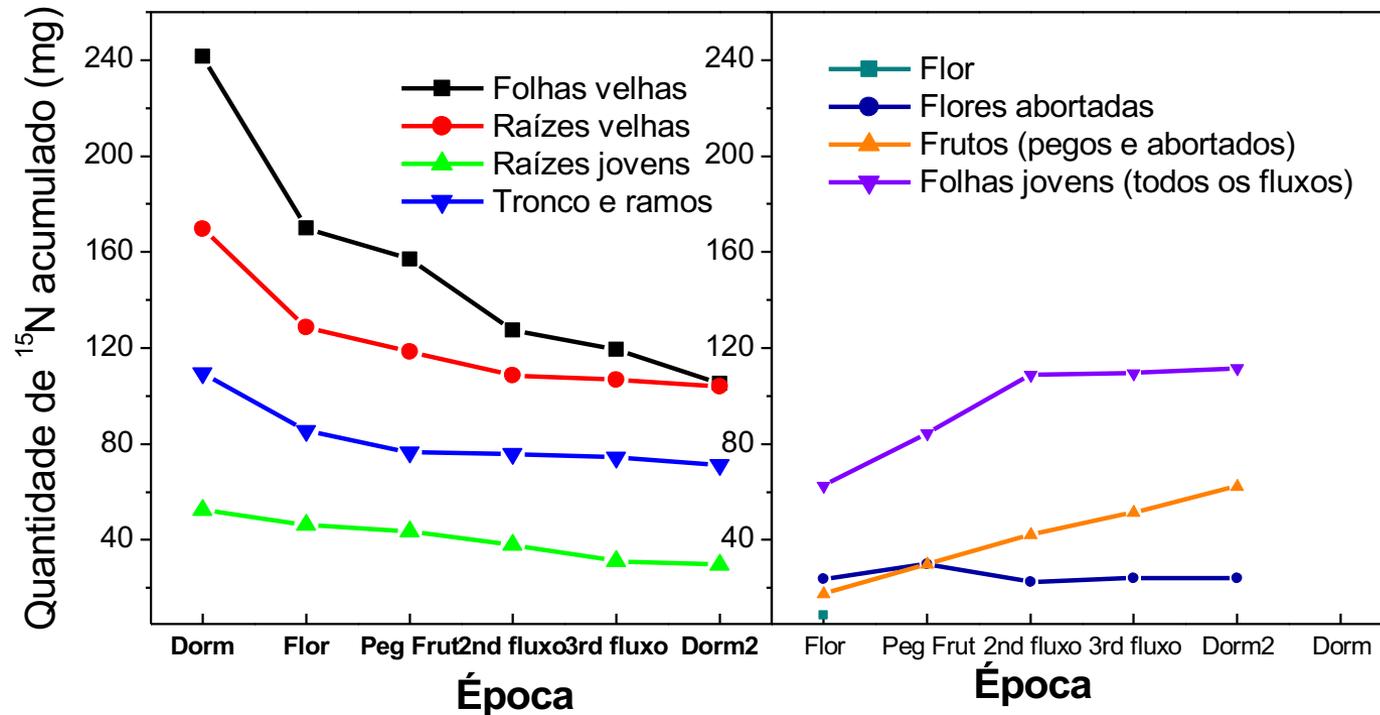


***NUTRIENTES
MINERAIS***

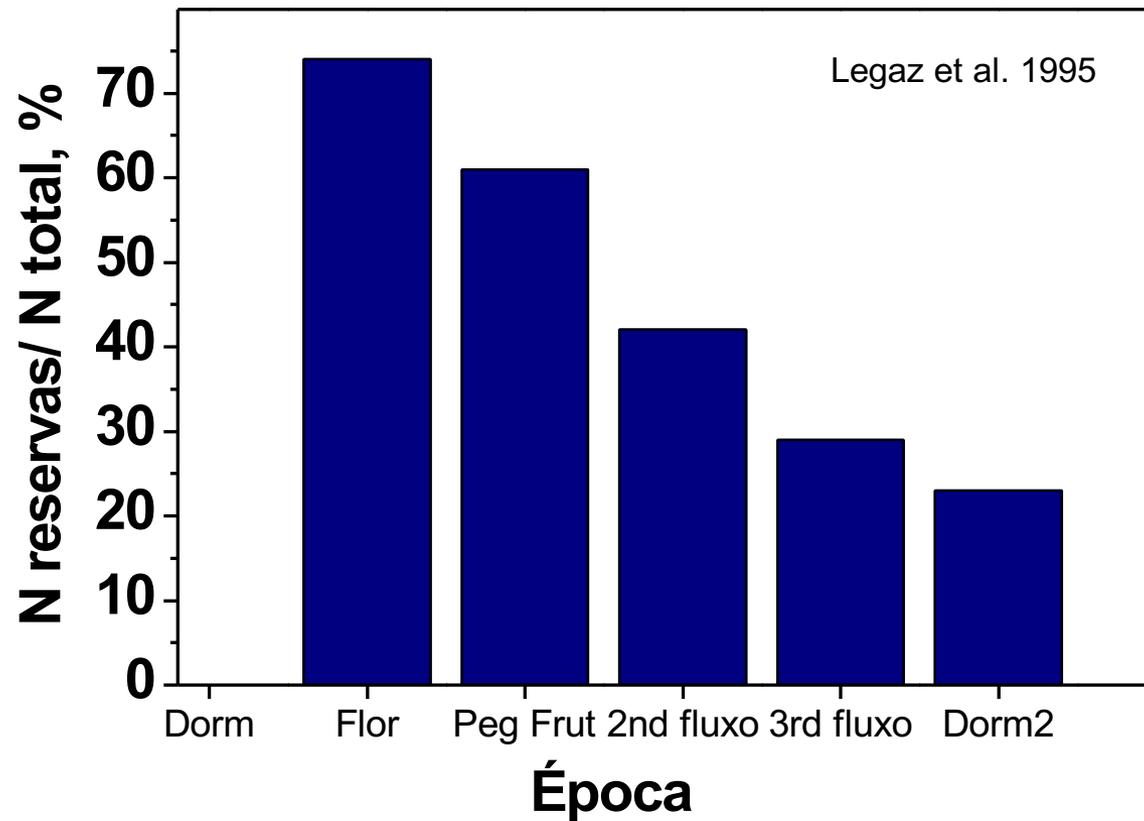
**QUAL É A PARTICIPAÇÃO DAS
RESERVAS DE NUTRIENTES NA
FORMAÇÃO DAS FLORES EM CITROS ?**



MOBILIZAÇÃO DE NUTRIENTES

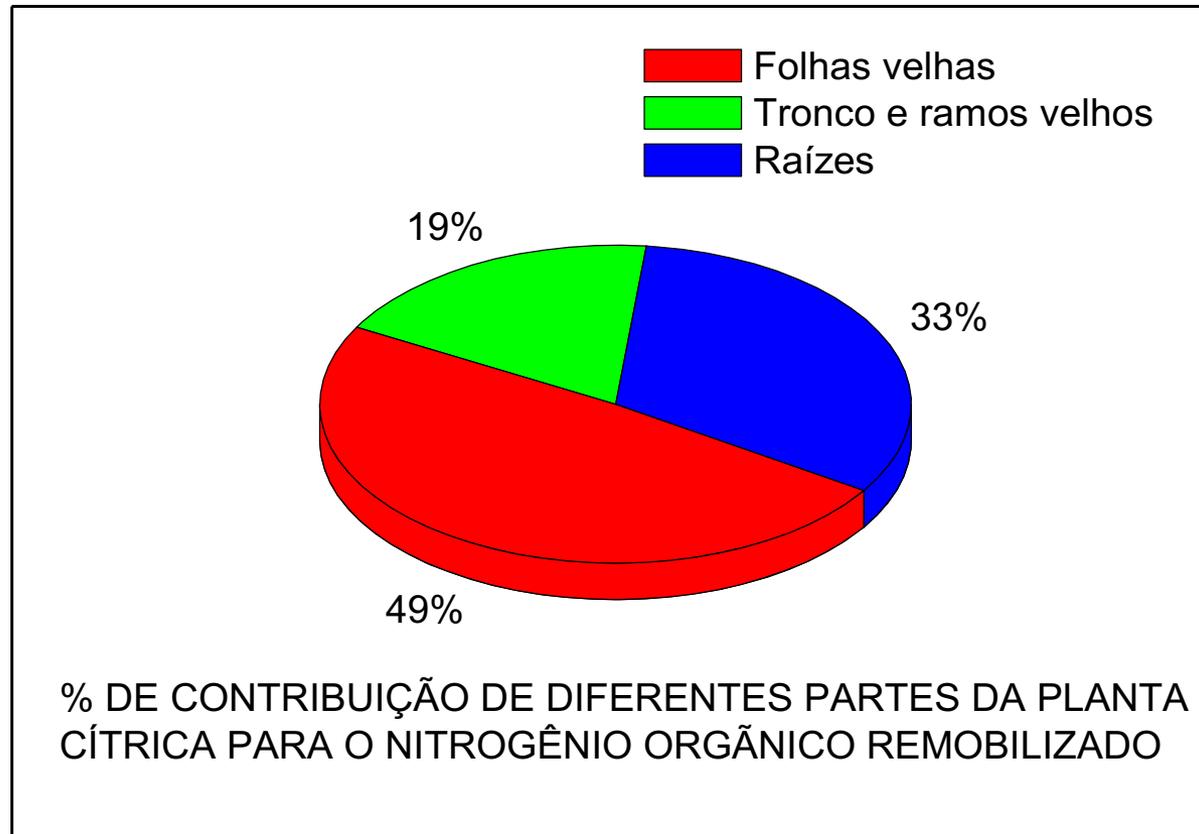


Total de ¹⁵N acumulado em diferentes órgãos dos citros durante um ano de produção (Legaz et al., 1995).



Razão entre ^{15}N e N total em órgãos jovens em uma planta cítrica (Legaz et al., 1995)

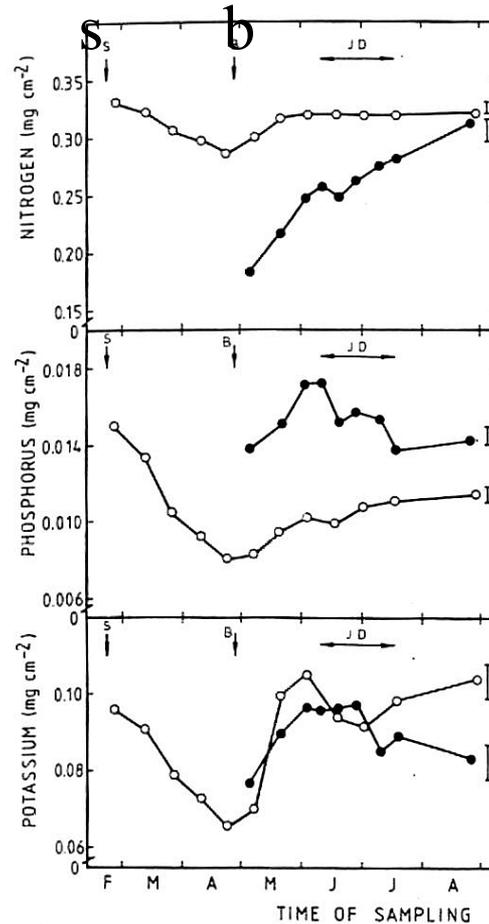
RESERVAS DE NITROGÊNIO PARA O FLORESCIMENTO



N

P

K



Mudanças na concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em folhas velhas e novas de laranjeiras ' Washington Navel' ('Baia') durante o início das brotações (s) em pleno florescimento (b) e na queda fisiológica (JD) (González-Ferrer et al., 1984).

Causas da Abscisão

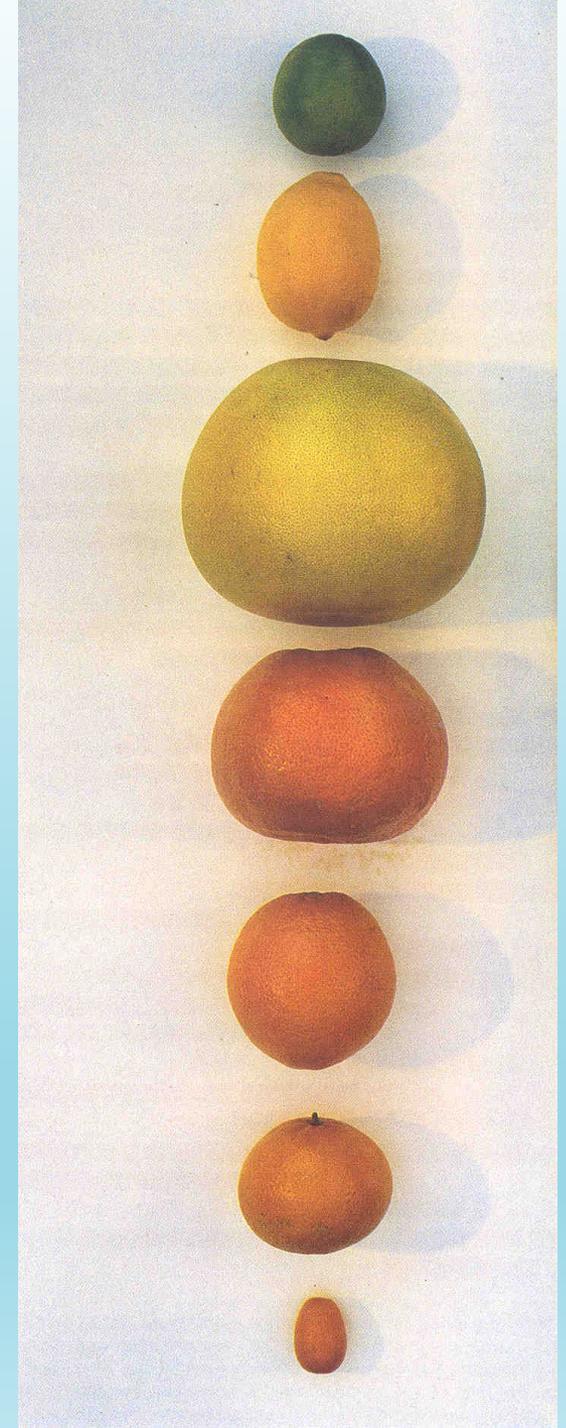


Reservas

**Fotossíntese
atual e
hormônios**

A fixação dos frutos é função da distribuição e intensidade de florescimento, através de processos de competição por carboidratos e nutrientes. Quanto maior a quantidade de flores menor a fixação dos frutos.

O fruto é uma baga particularmente chamada de hesperidium. Tamanho variável, oval, piriforme, esférica, achatada ou não. A pele é grossa, indeiscente, com superfície externa mais ou menos lisa ou rugosa de cor amarela, alaranjado ou avermelhada.



A casca é rica em óleos que também servem para diferenciação entre as espécies.

Pectinas e hesperidinas

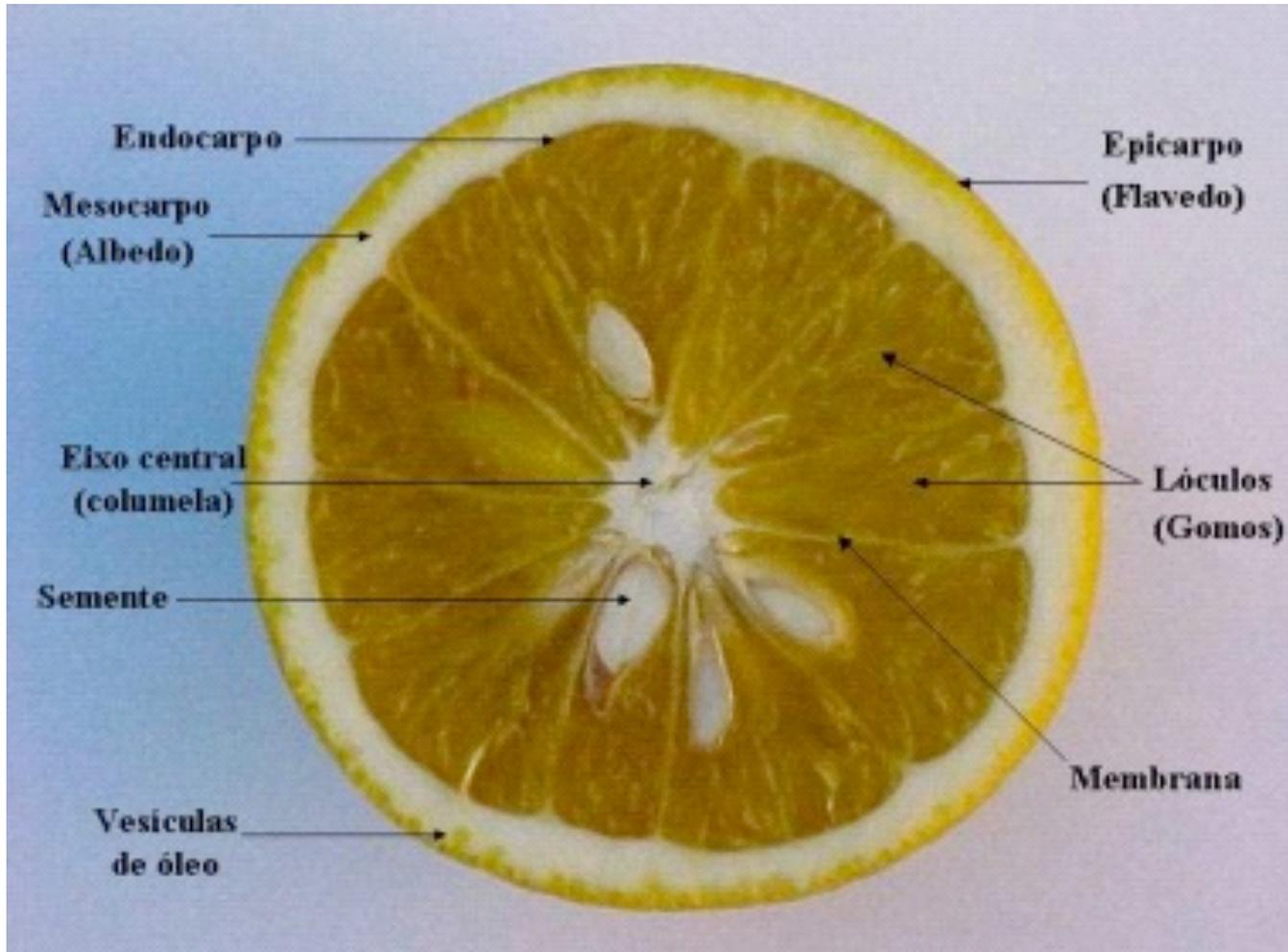
O suco das vesículas contém açúcares, ácidos orgânicos (incluindo o ácido cítrico e vitamina C), carotenos, licopenos, compostos fenólicos e outros.

A parte interna da casca é esponjosa e geralmente branca amarelada. O interior do fruto está dividido em vários gomos (6 a 15), formado por membranas e dentro possuem sementes ou não localizados no ângulo interno destas.

Contêm vesículas alargadas com suco doce, ácido ou amargo de coloração amarela, alaranjada o vermelha



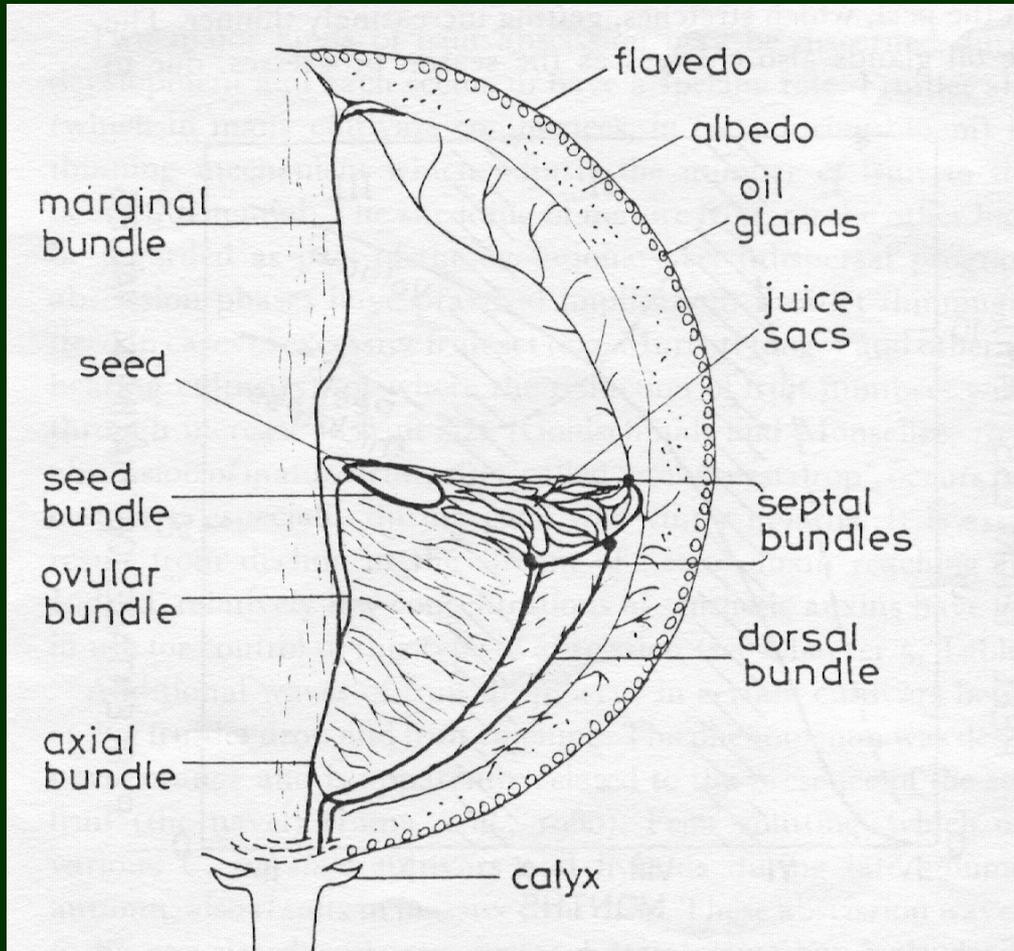
A laranja



DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS



Transporte não vascular nos frutos

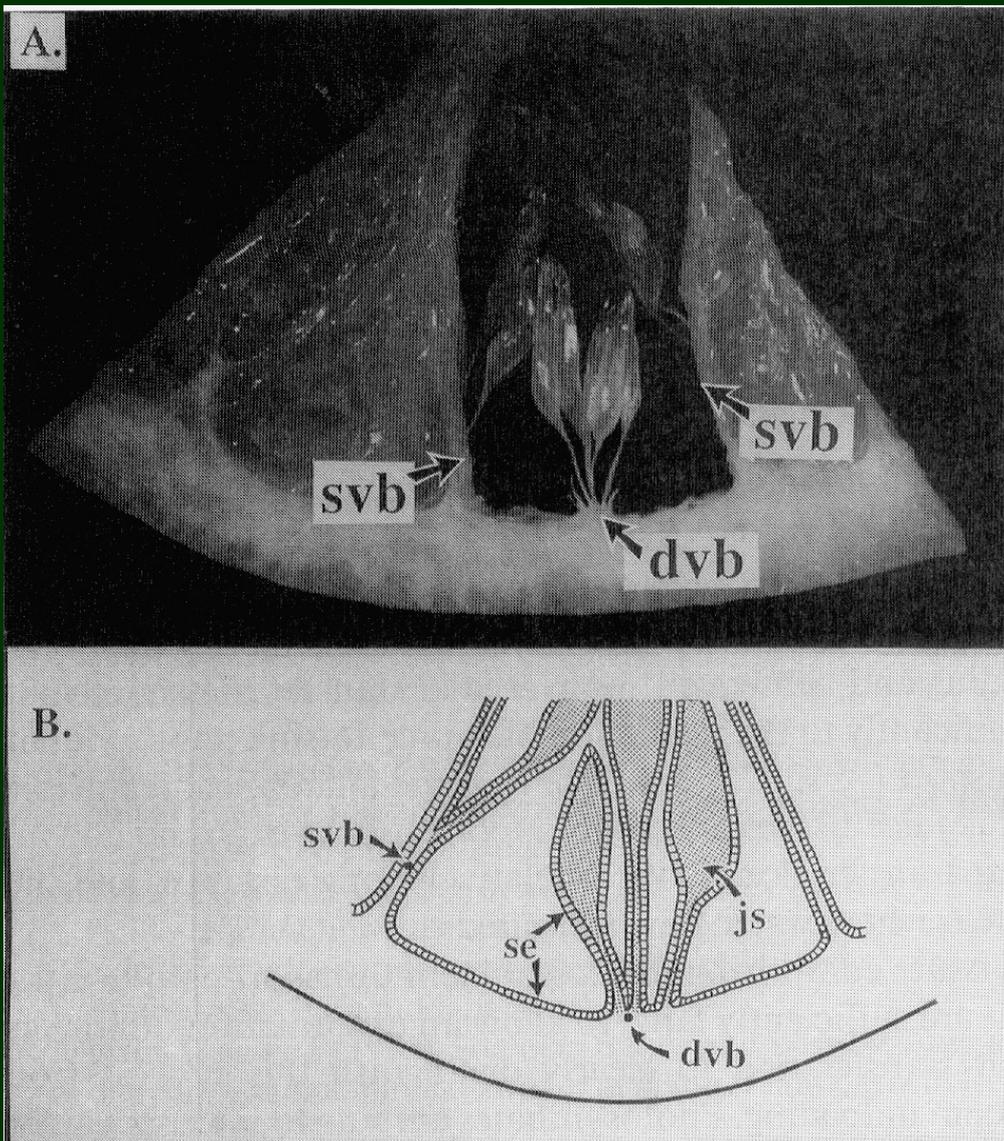


- Representação esquemática de um fruto de citros, em corte longitudinal

- Assimilados deixam bainhas vasculares

- Caminham de 1 a 16mm a em tecido não vascular até saco de suco.

Transporte não vascular nos frutos



A. Tecidos vasculares e não vasculares em citros. Bainhas vasculares dorsal (dvb) e septal (svb) suprem assimilados para os sacos de suco.

B. Diagrama posicionando o segmento de epiderme não vascular (se) e o saco de suco (js) relativamente às bainhas vasculares (dvb, svb).

Representação esquemática das vesículas de suco

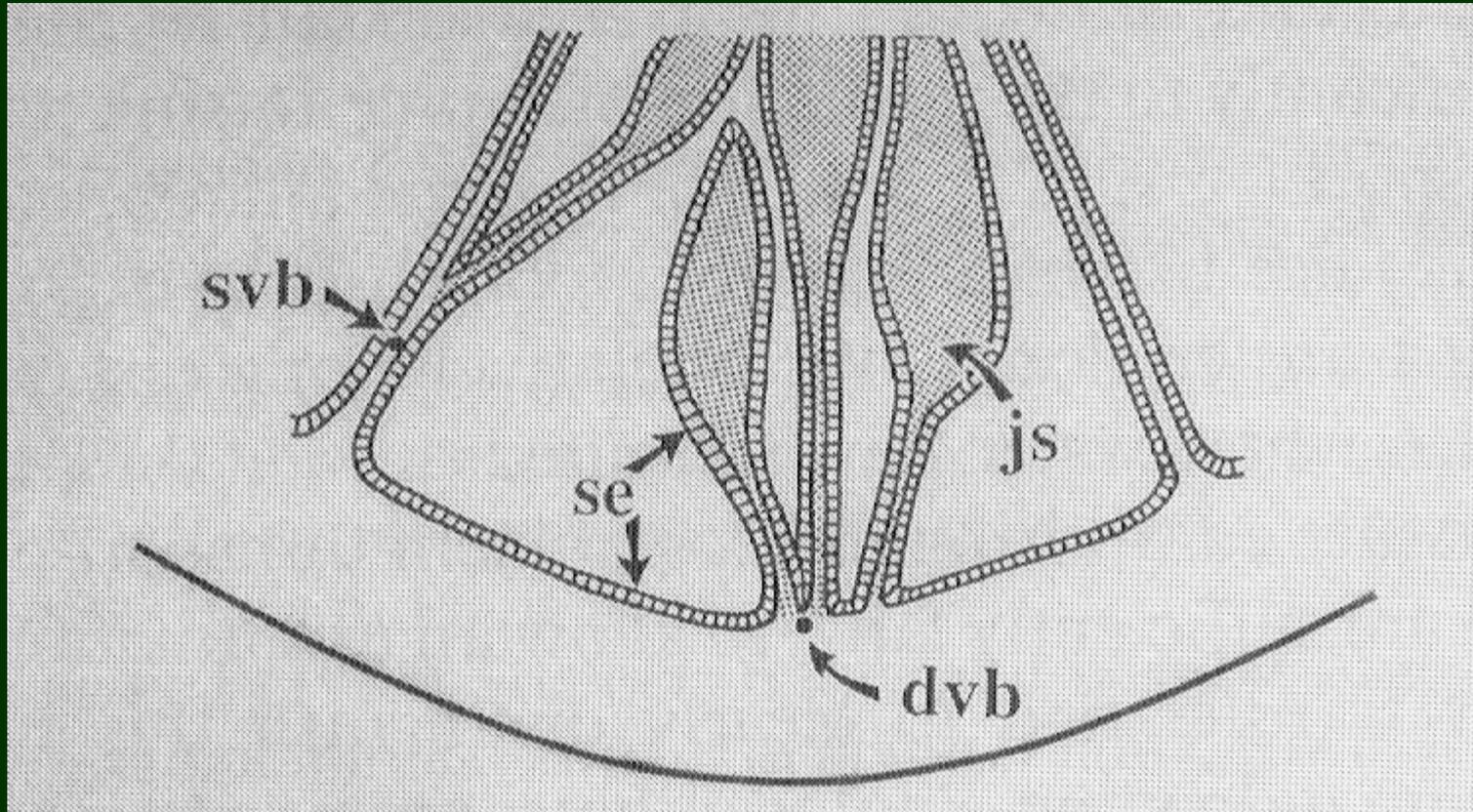
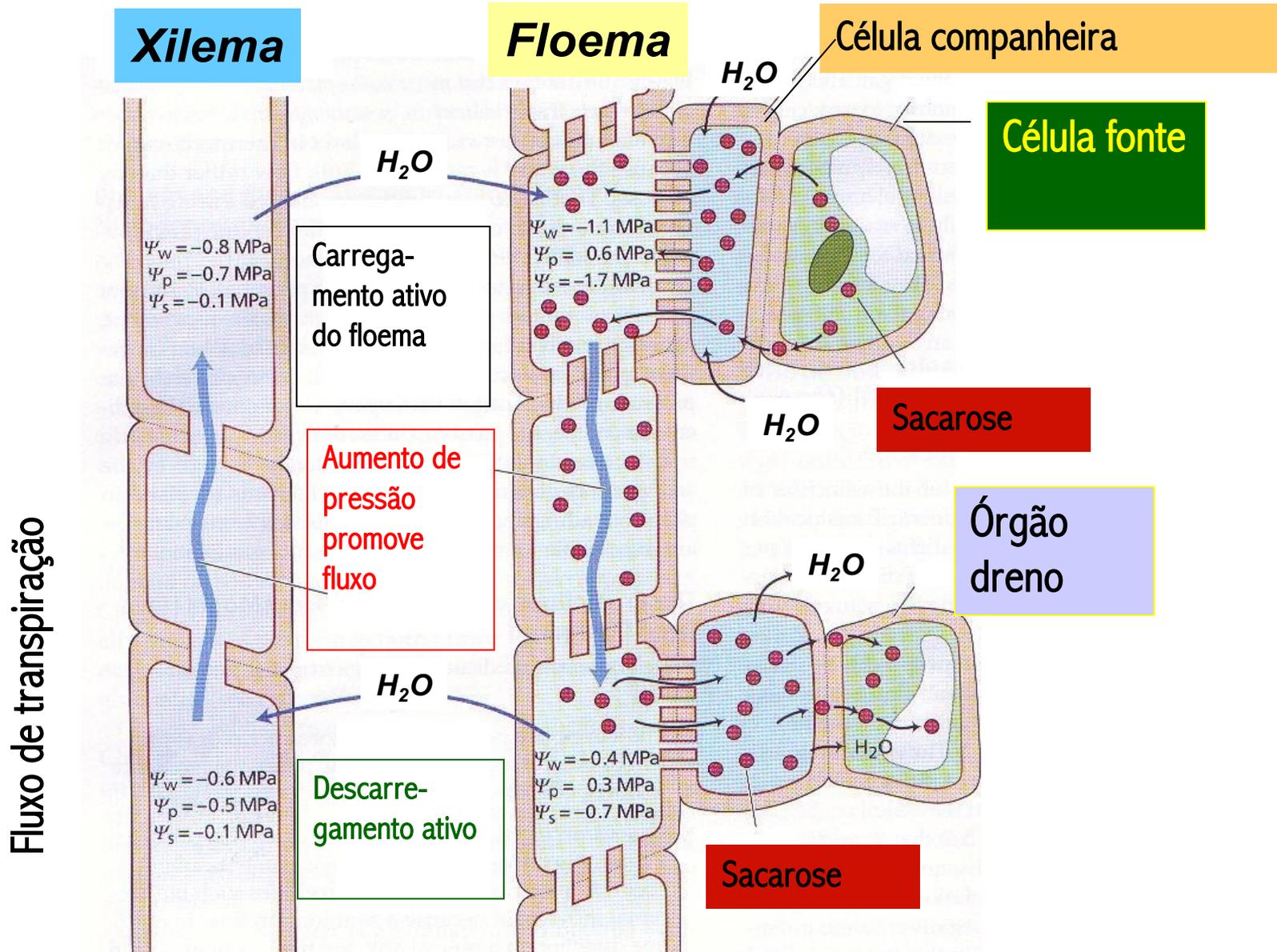


Diagrama posicionando o segmento de epiderme não vascular (se) e o saco de suco (js) relativamente às bainhas vasculares (dVB, svb).

Fluxo de pressão – transporte no floema



HLB (ex- greening)



Fotos: Camilo Medina

Greening: Bactéria de Floema



CVC: Bactéria de xilema



HLB X CVC

- ▶ Bactéria *Clas*
 - ▶ Floema
 - ▶ Frutos pequenos
 - ▶ Frutos tortos
 - ▶ Frutos insossos
 - ▶ Frutos murchos
 - ▶ Aborto de sementes
 - ▶ Queda acentuada de frutos em pré maturação
 - ▶ Coloração anormal
- ▶ Bactéria *X fastidiosa*
 - ▶ Xilema
 - ▶ Frutos pequenos
 - ▶ Frutos regulares
 - ▶ Frutos muito doces e ácidos
 - ▶ Frutos túrgidos
 - ▶ Sementes boas
 - ▶ Pouca queda de frutos em pós florescimento
 - ▶ Coloração normal

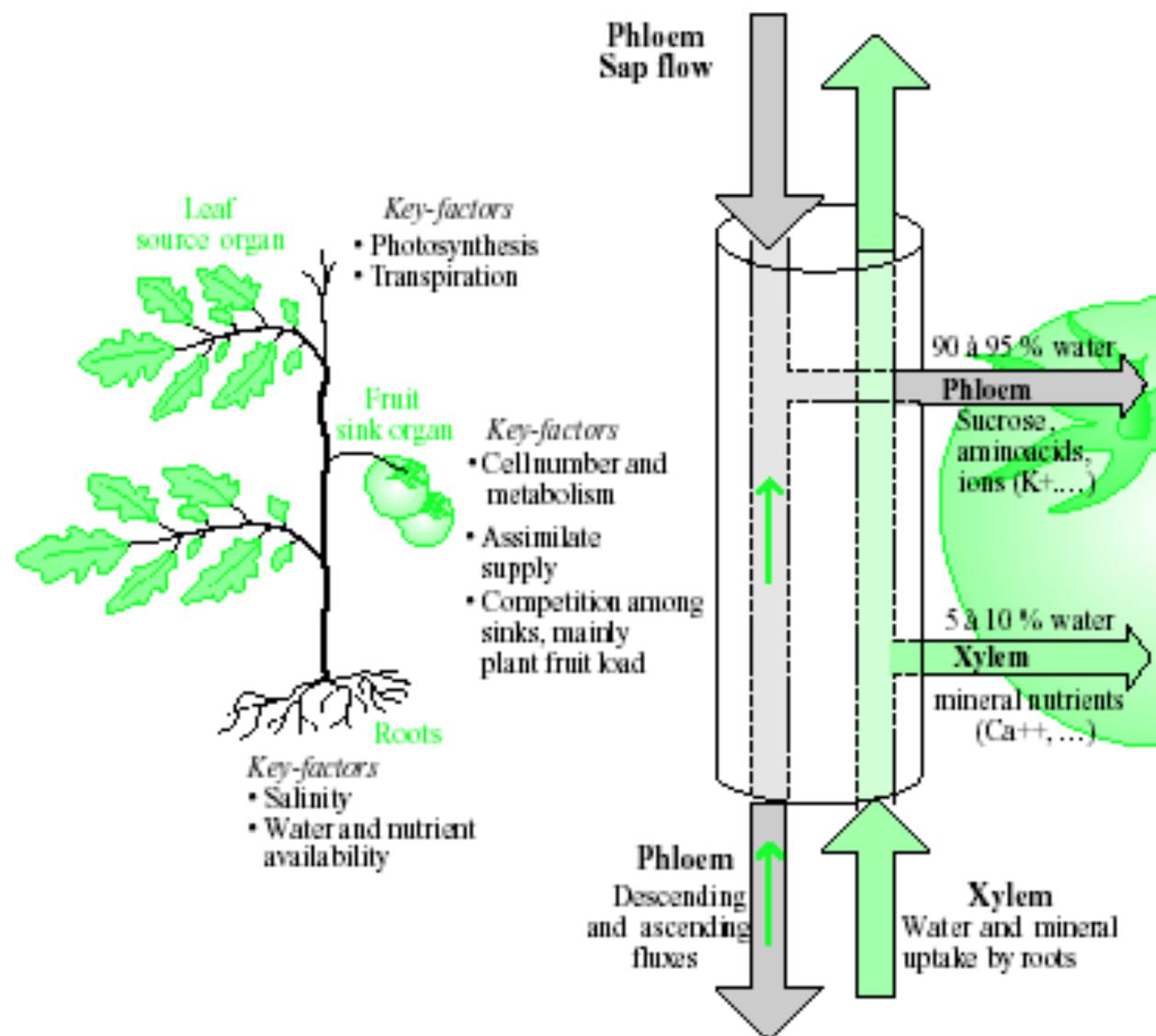
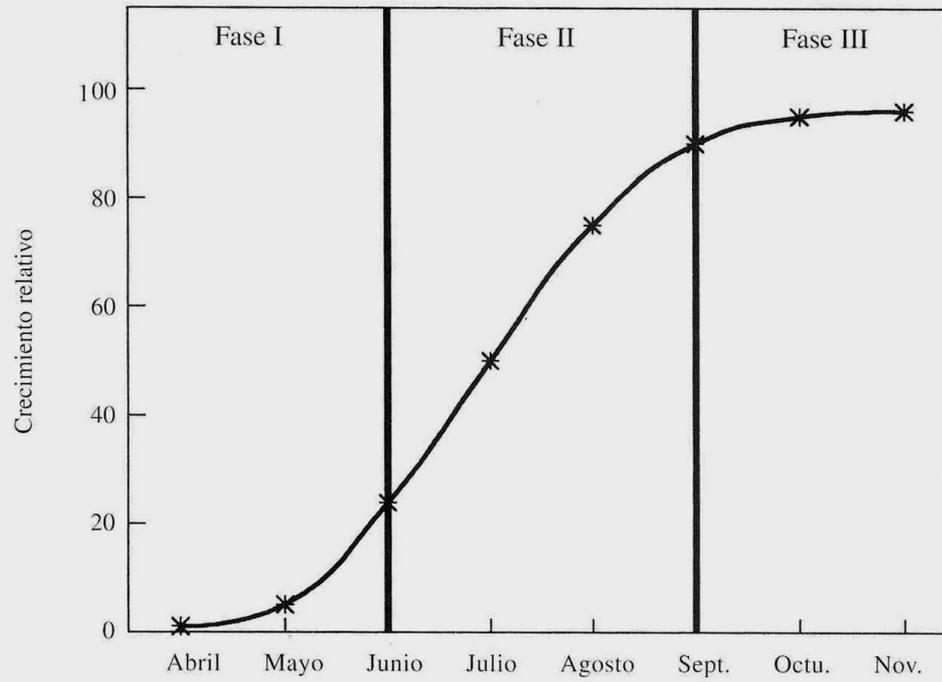


Figure 2. Main factors affecting the water and carbon fluxes from source organs to fruits in tomato plants.

Exemplos de práticas para melhorar a produção de frutos com mais sólidos solúveis

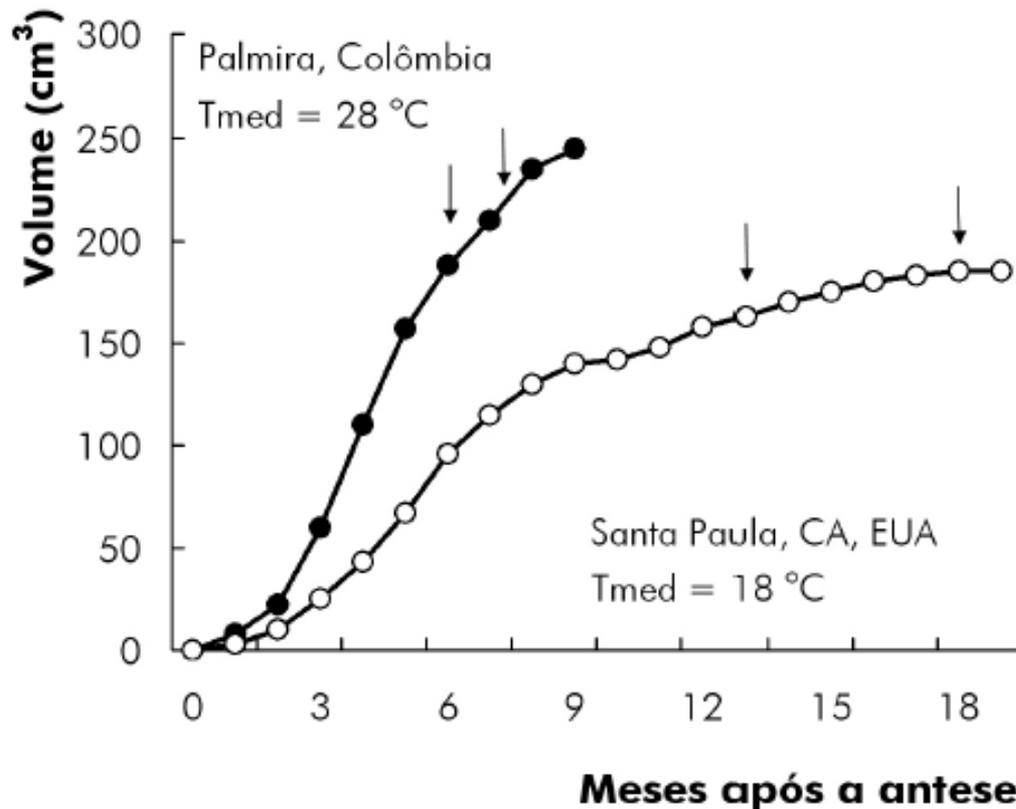


Porta-enxerto; Manejo da água e fertirrigação; plantio em leiras



Fases do desenvolvimento de frutos de laranjeiras (Baim, 1958).

Figura 9 Curva de crescimento do fruto de laranja Valência em diferentes condições climáticas. As setas indicam o intervalo em que os frutos permanecem viáveis nas plantas



Fonte Adaptado de Reuther (1973, 1977)

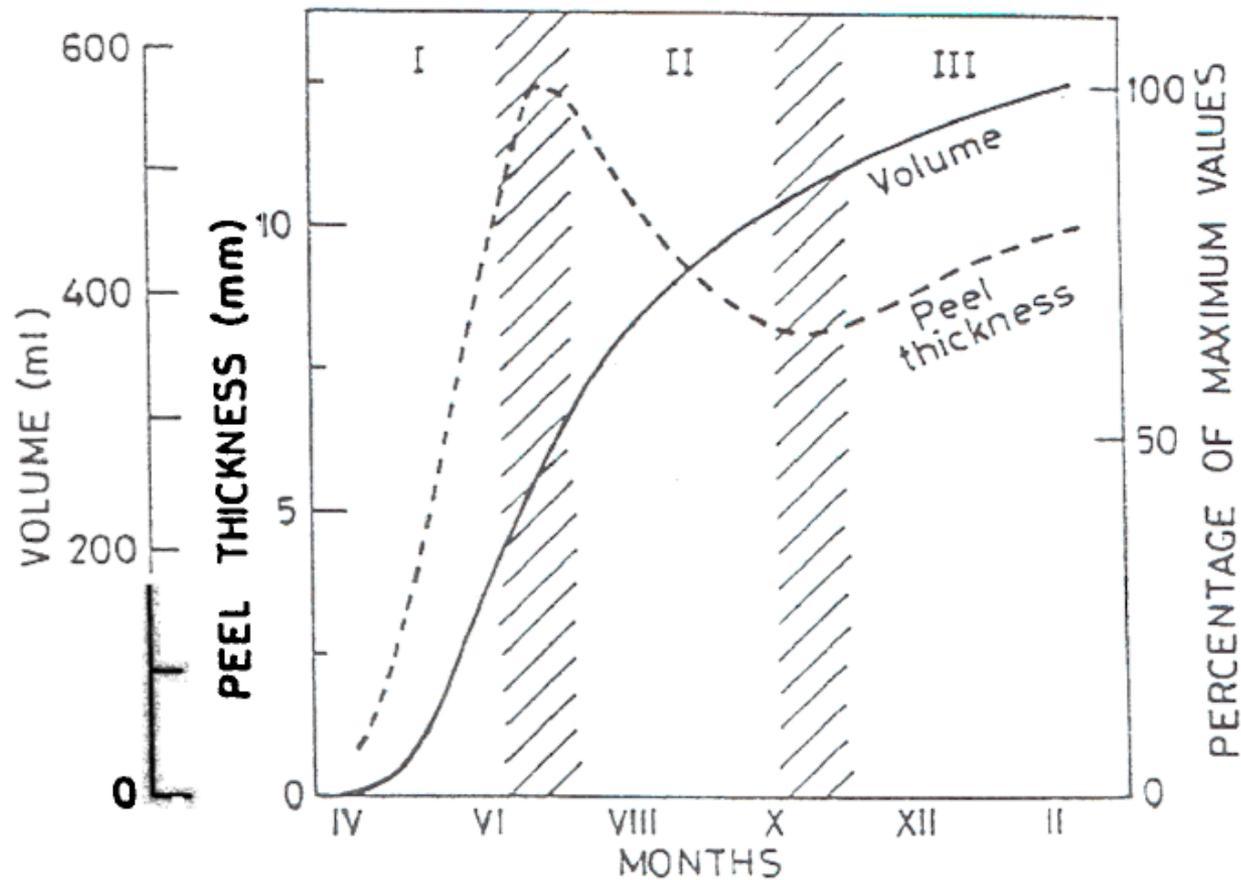
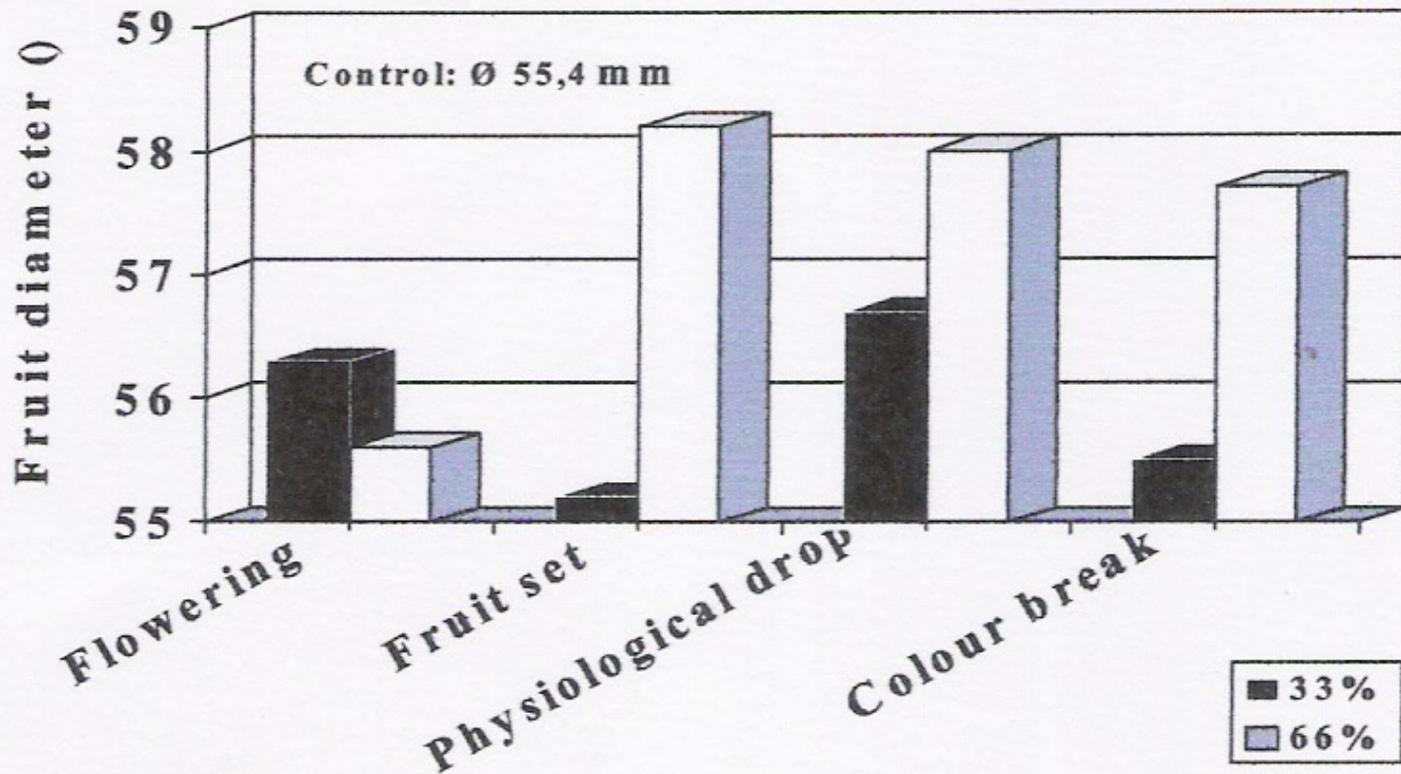


Figure 2. Fruit growth and development: growth in volume and peel thickness. I, II, III indicate developmental stages according to Bain (1958). Modified from Monselise (1986).

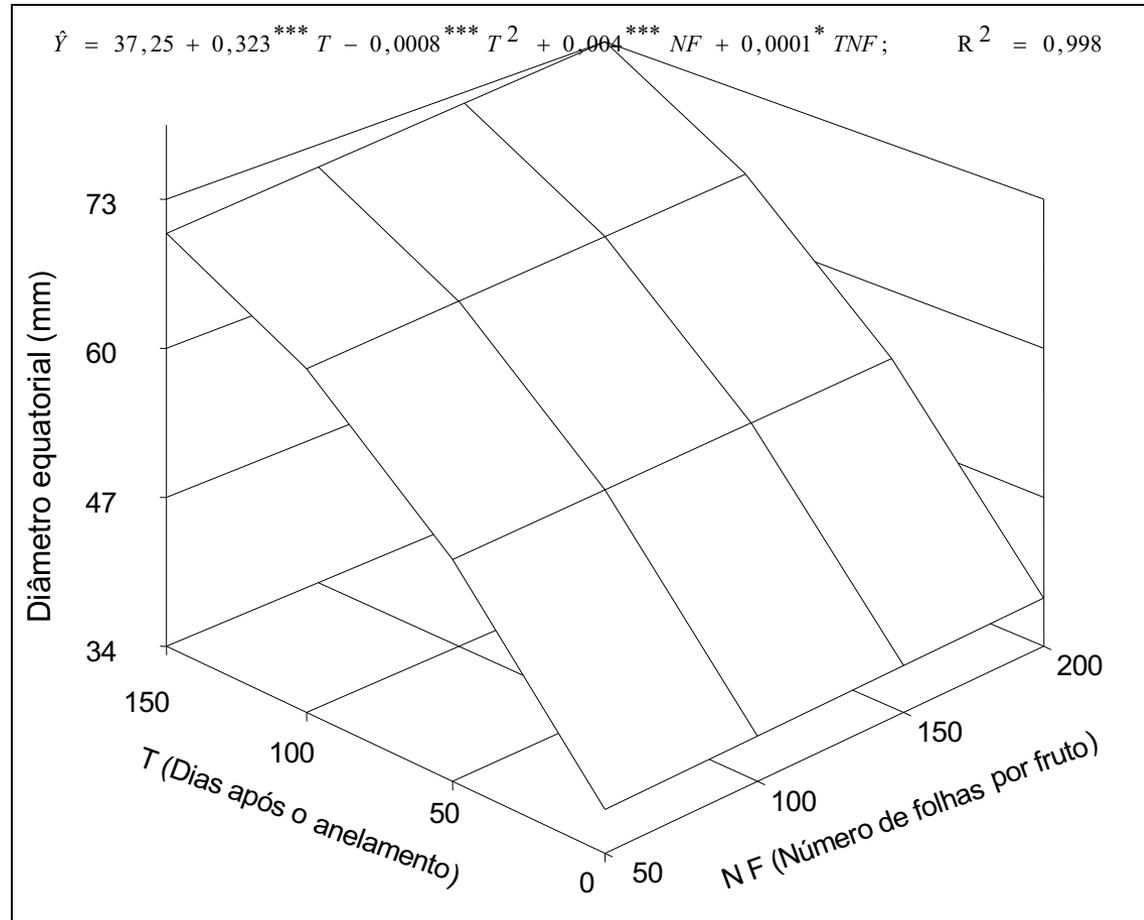
Desbaste de frutos
jovens ! Manual ou
químico.



Efeito da intensidade (33 ou 66%) e data de desbaste no tamanho final dos frutos de tangerina Clauselina.



Source: Zaragoza *et al.*, 1992.



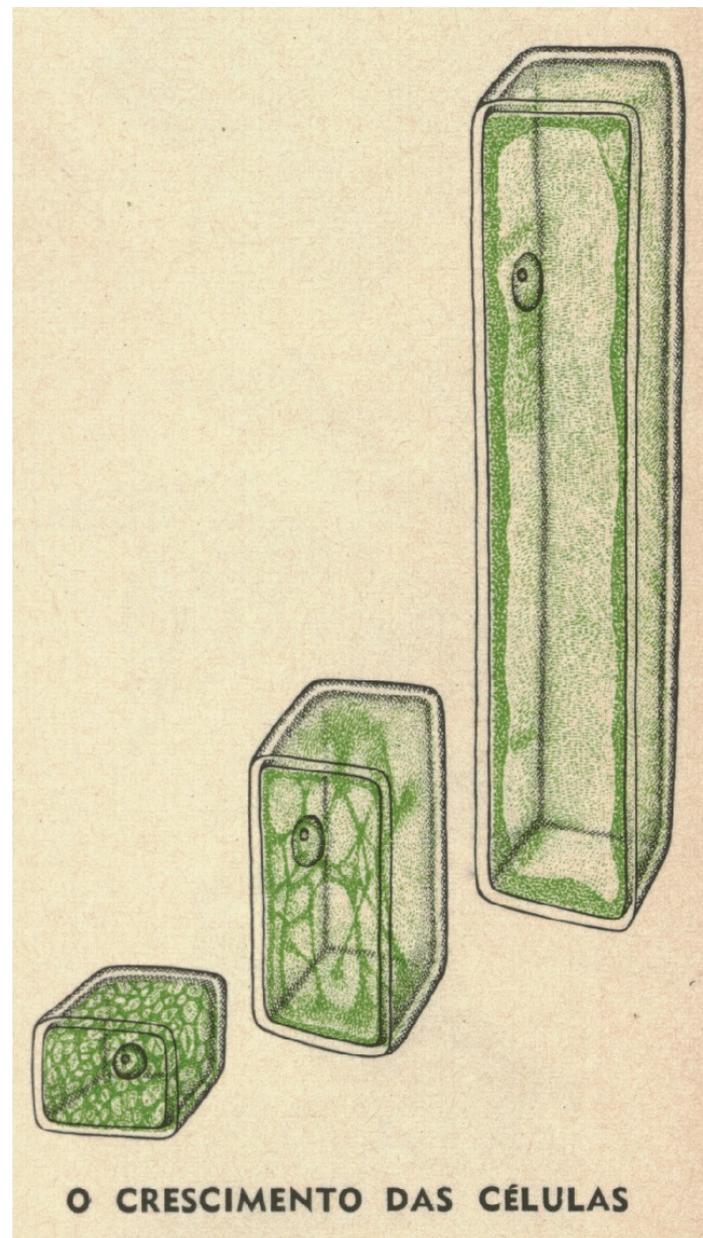
Diâmetro equatorial de laranjas 'Hamlin' em função dos dias após o anelamento e do número de folhas por fruto (em Medina et al. 2002)



CRESCIMENTO CELULAR

$$G = m \cdot (\Psi_p - Y)$$

Um dos primeiros
sintomas de
estresse hídrico é
a redução no
crescimento
celular e da
planta ou fruto



Maturação

Os frutos cítricos não apresentam um ponto definido de maturação. Assim, a maturação é expressa em função de suas características organolépticas, ou seja, pelo “índice de maturação” (IM), calculado dividindo-se o teor de SST do suco pelo teor de AT (“ratio”). A relação adequada depende do cultivar, do destino da produção (indústria ou consumo in natura), da época do ano e da preferência dos consumidores e nas laranjas doces está entre 9 e 25.

O conteúdo de açúcares nos frutos depende de vários fatores como cultivar, copa, porta-enxerto, tratos culturais e clima. Considerando os outros fatores constantes, o clima é o responsável pelas variações no IM em diferentes anos. Durante a maturação dos frutos, ocorrem variações simultâneas na concentração de açúcares e ácidos, fazendo com que o conteúdo de SST permaneça praticamente constante ou apresente apenas tendência gradual de aumento (Guardiola, 1999).

O declínio da acidez na maturação está diretamente relacionado ao crescimento do fruto e o aumento na absorção e capacidade de retenção de água (Kimball, 1984). Com a interação entre a capacidade respiratória. Altas temperaturas também podem induzir a queda na acidez por induzir decréscimo no conteúdo de ácido (Nogueira, 1979).

Efeito do Clima sobre a qualidade dos frutos

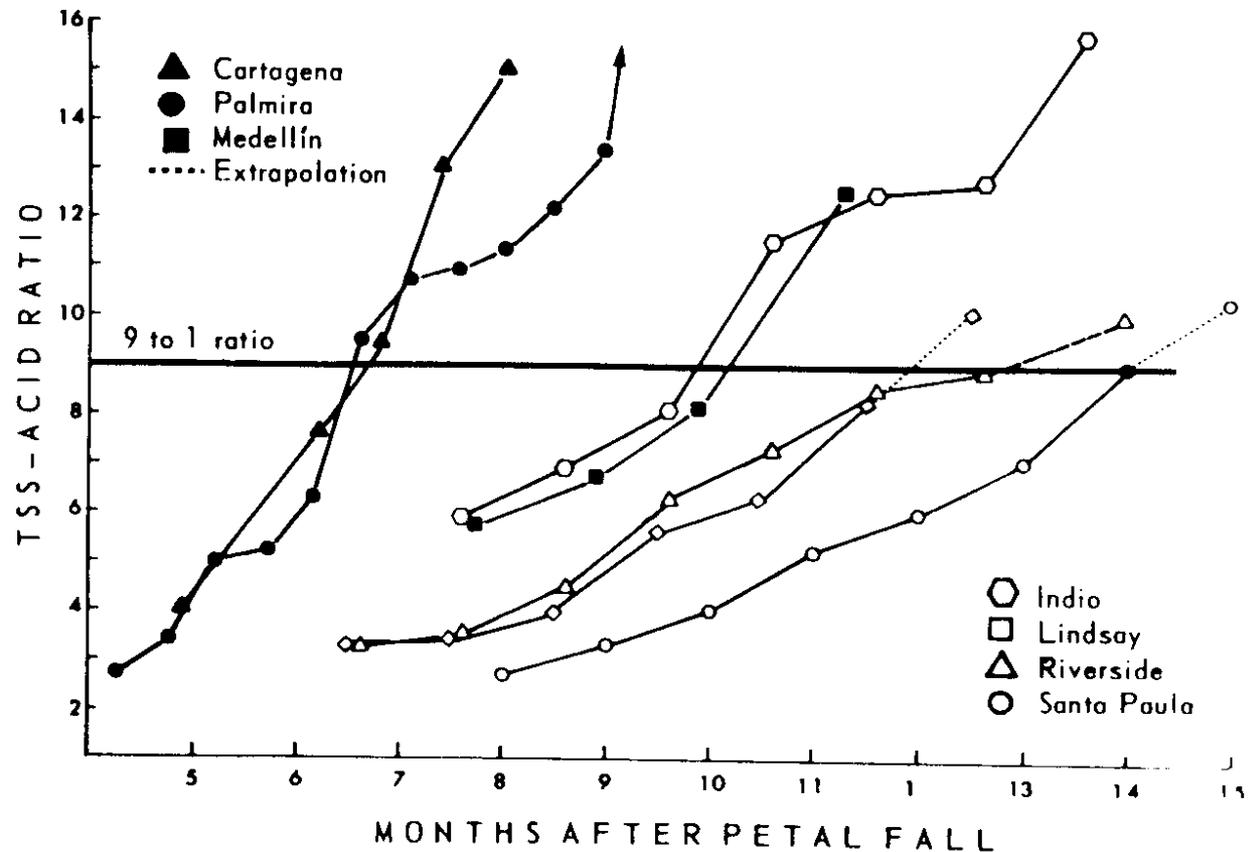


Fig. 2.32. Comparison of trends in ratio of total soluble solids to total acid concentrations in the juice of Valencia oranges in relation to advancing maturity of fruits in the tropical climates of Colombia and subtropical climates of California. (From Reuther and Rios-Castano 1969.)

GRAUS DIA

$$GD = \sum^n_i [\{ T_{max} + T_{min} / 2 \} - t_b]$$

onde a T_{max} é a temperatura máxima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$), e T_{min} a temperatura mínima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$).

As necessidades térmicas para as laranjeiras de diferentes variedades, considerando-se como temperatura-base o valor de 13oC e a fase Florescimento-Ponto do Colheita (IM = 12), é:

Precoce	: 2.500°Cd;
Meia-estação	: 3.100°Cd;
Tardia	: 3.600°Cd.

Esses valores foram empregados para caracterizar cinco diferentes áreas de maturação da laranja no Estado de São Paulo e regiões limítrofes, sendo as seguintes, em ordem crescente de tempo para se atingir IM = 12:

Grupo 1: Frutal (MG), Colômbia e Votuporanga

Grupo 2: Pindorama, Bebedouro e Severínea

Grupo 3: Araraquara e Matão

Grupo 4: Limeira, Conchal e Mogi Guaçú

Grupo 5: Itapetininga, Capela do Alto e Capão Bonito

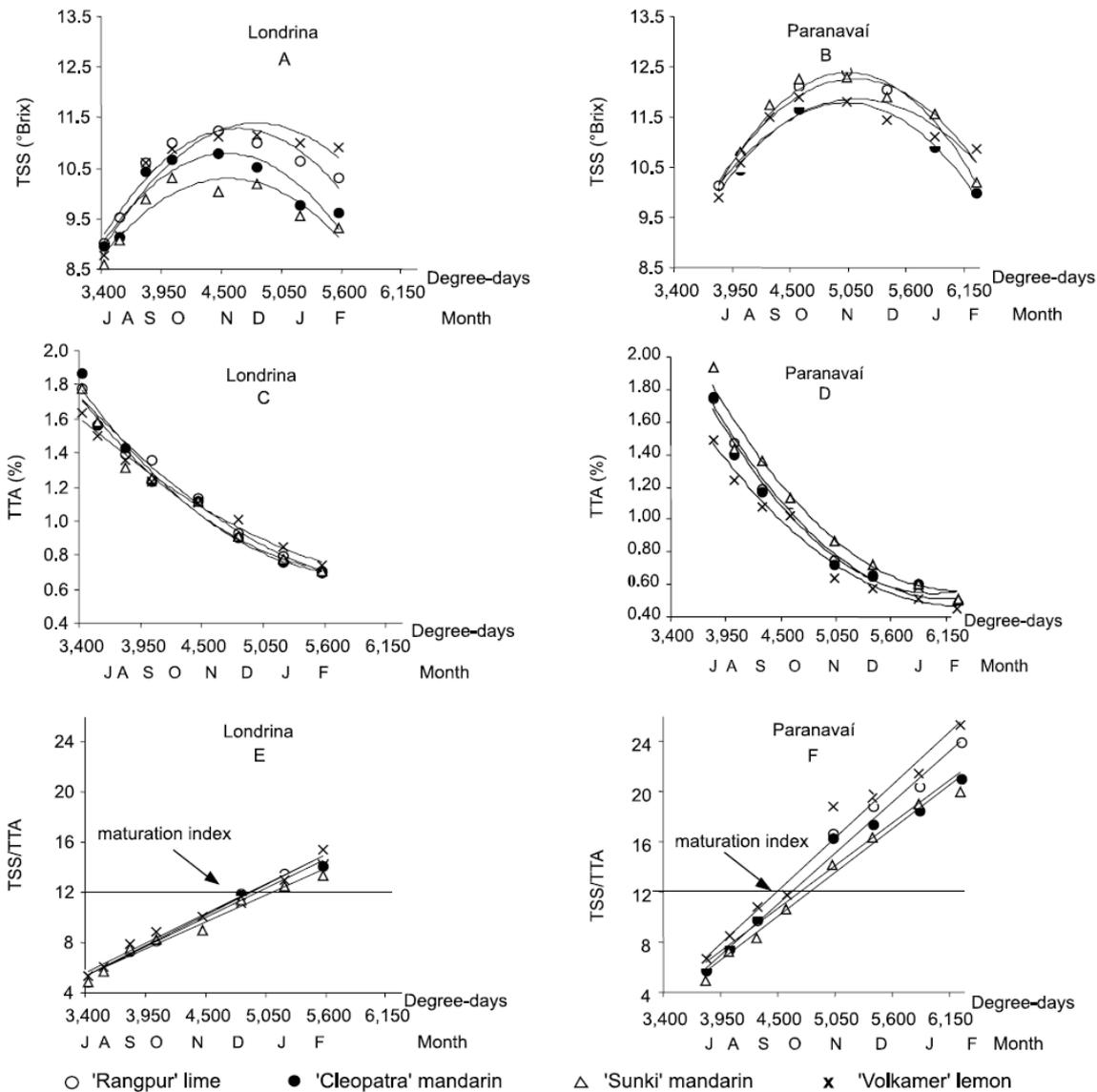
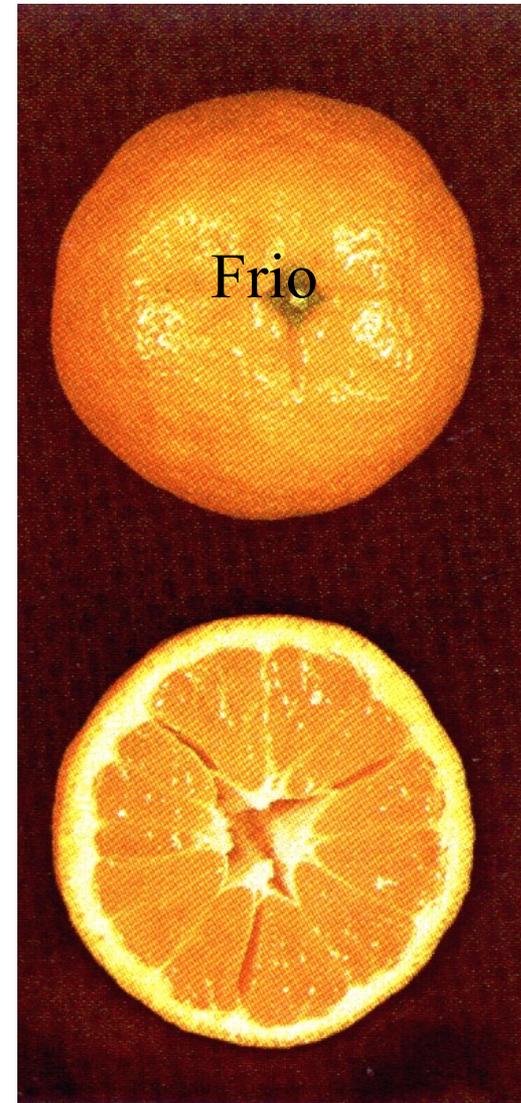


Figure 1 - Total soluble solids (TSS) in °Brix (A and B), total titratable acidity (TTA) % (C and D), and TSS/TTA ratio (E and F) data as a function of growing degree-days (GDD) accumulated since anthesis, in fruits from 'Folha Murcha' orange plants budded on four rootstocks, and corresponding fitted polynomial lines for the period June/02 to February /03, in the municipalities of Londrina, PR and Paranavai, PR.

Efeito da temperatura na qualidade dos citros



Coloração & Variedade e Clima



Pêra Santa Fé do Sul



Murcote S. Pedro do Turvo

Exceções



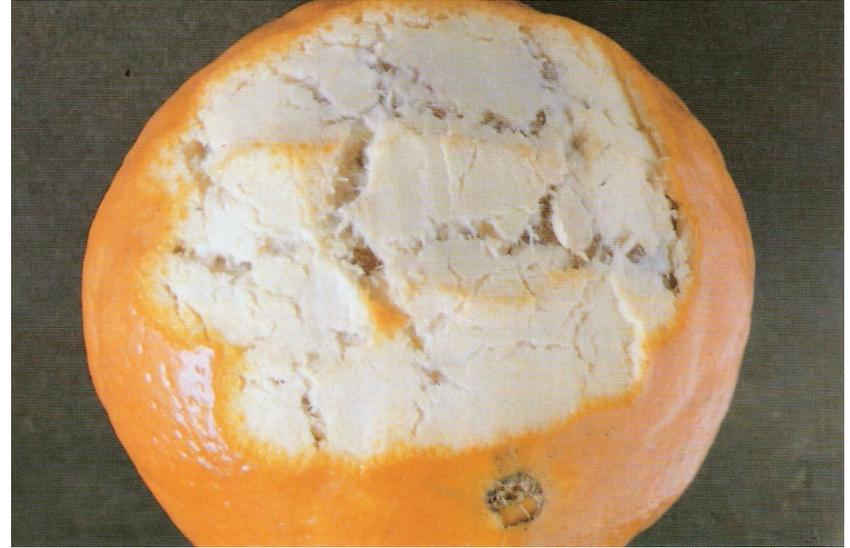
Fremont no noroeste
paulista. Foto em 13 de
fevereiro de 2021

Rachaduras ou Splitting



Há uma relação com o clima, fornecimento de cálcio para os frutos e a resistência da casca

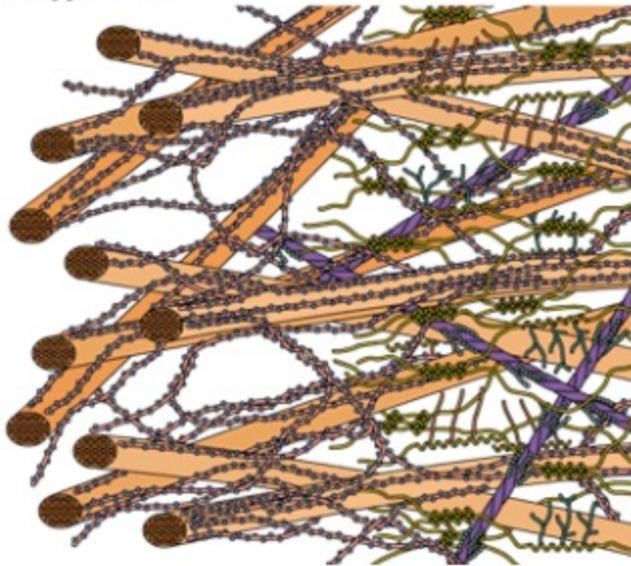
Creasing ou trincas na casca



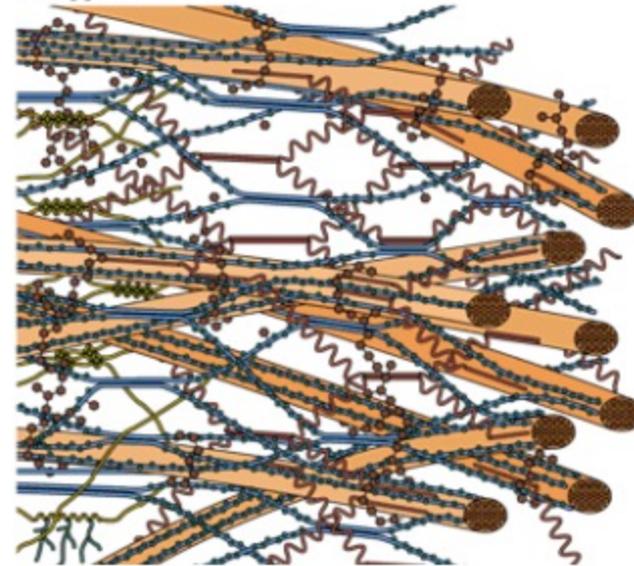
Relações: Cultivar; clima seco e frio ou no verão com muita nebulosidade; colheitas elevadas, nutrição: Cálcio; Potássio, excesso de Magnésio,

Componentes da parede celular

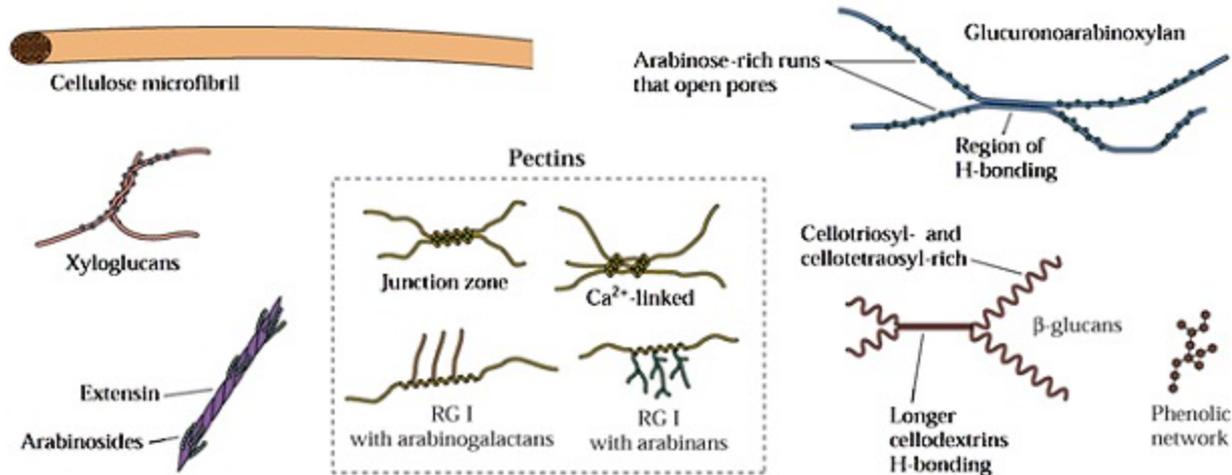
(A) Type I wall



(B) Type II wall

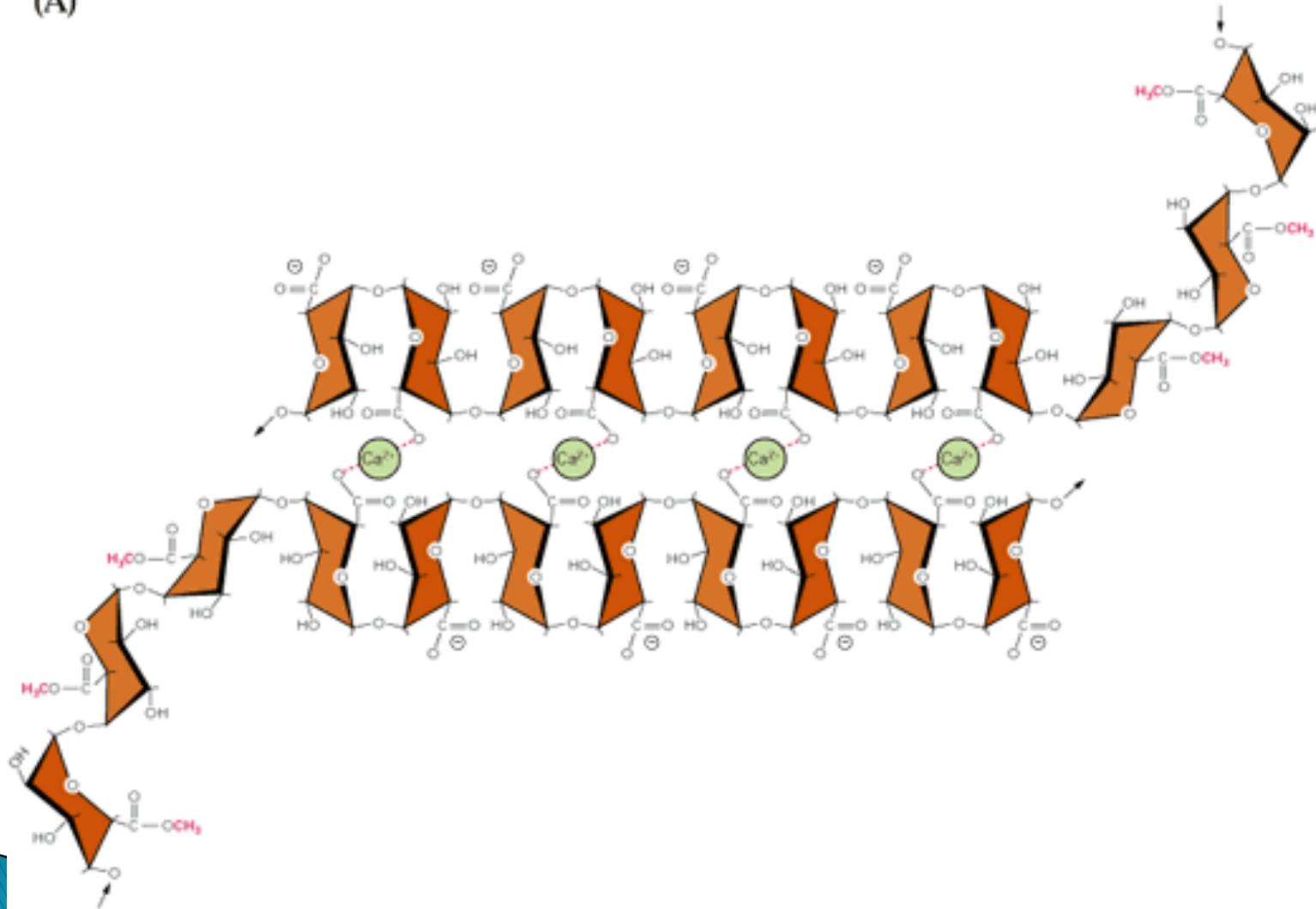


Key:



Cálcio e parede celular

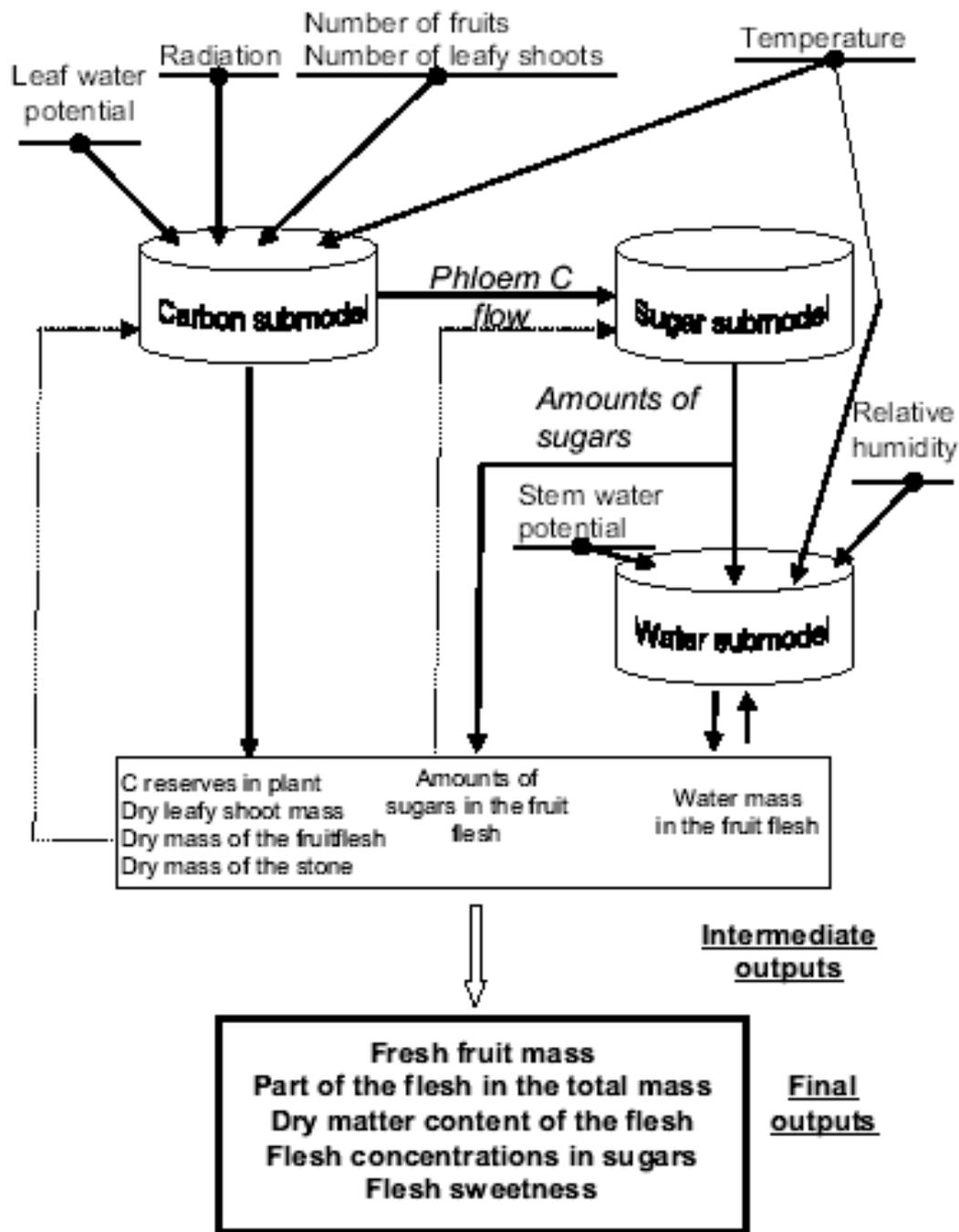
(A)



A penetração de luz interna melhora a qualidade dos frutos internos e reduz graves defeitos dos frutos dos citros !!



Formação em taça



Modelo virtual para determinação de qualidade de frutos. Variáveis grifadas são externas, setas mostram os efeitos diretos e linhas pontilhadas representam feedback de informações. Esse modelo proposto para pessegueiros e aplicável para diferentes frutos simula mudanças da qualidade de fruto no final do desenvolvimento (Lescourret & Génard, 2005).

Desafios para a citricultura paulista

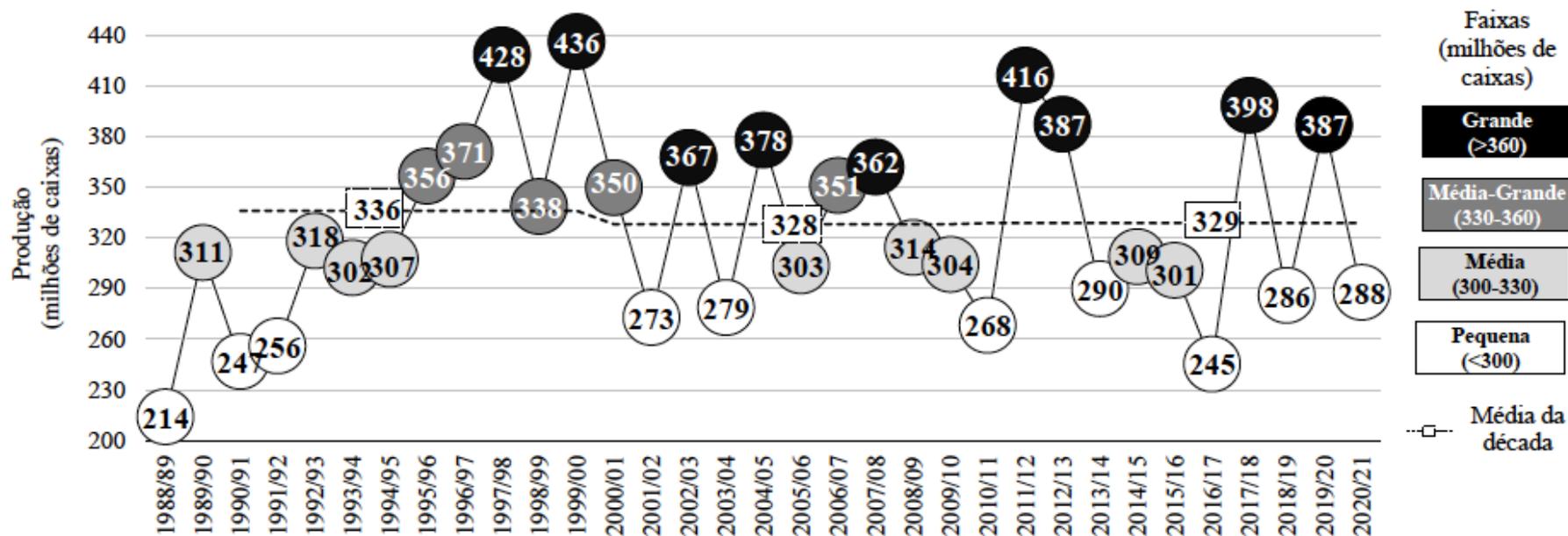
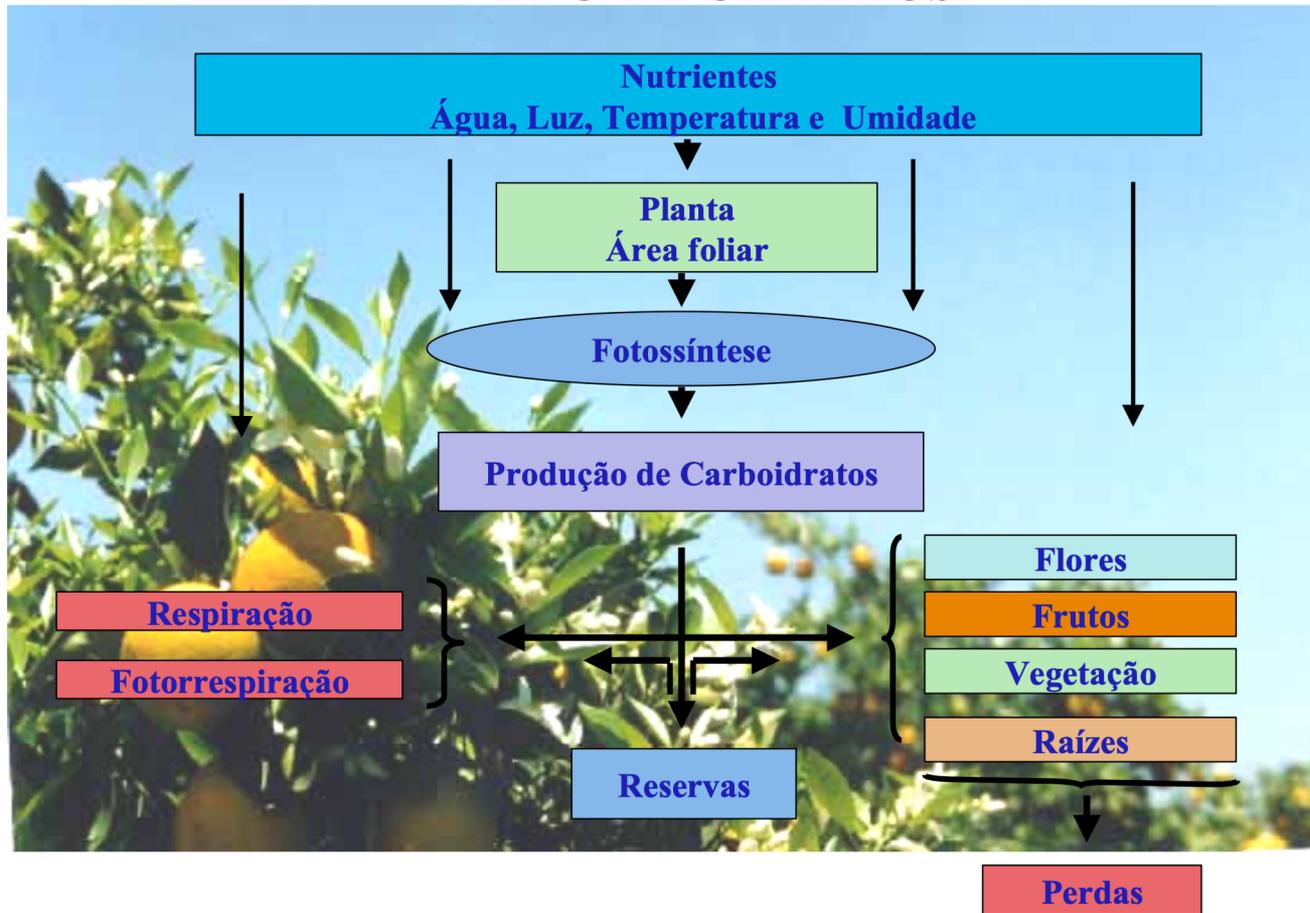


Gráfico 1 – Produção de laranja de 1988/89 a 2019/20 e estimativa da safra 2020/21

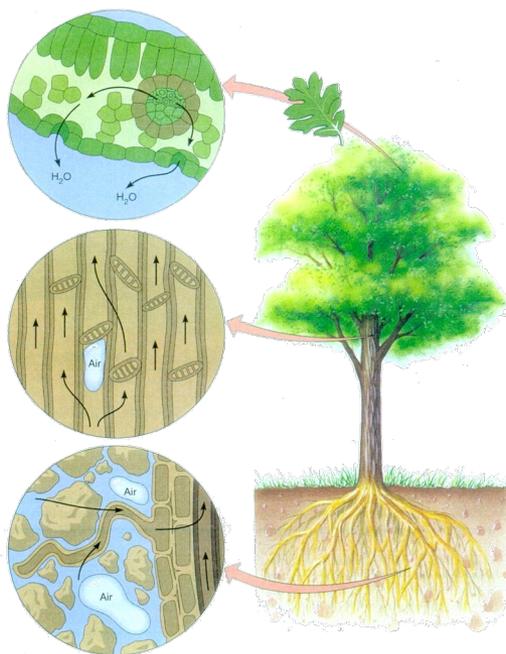
Fonte: CitrusBR (1988/89 a 2014/15) e Fundecitrus (2015/16 a 2020/21)

MODELO DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CARBOIDRATOS



Medina et al (2002)

Fatores que afetam a fotossíntese



GENÓTIPO

RADIAÇÃO SOLAR

ÁREA FOLIAR

TEMPERATURA DO AR

UMIDADE NO SOLO

DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR

NUTRIENTES MINERAIS

RELAÇÃO FONTE-DRENO

SAZONALIDADE

ÁREA FOLIAR

1,2 A 2 M² DE FOLHAS/ KG DE FRUTOS

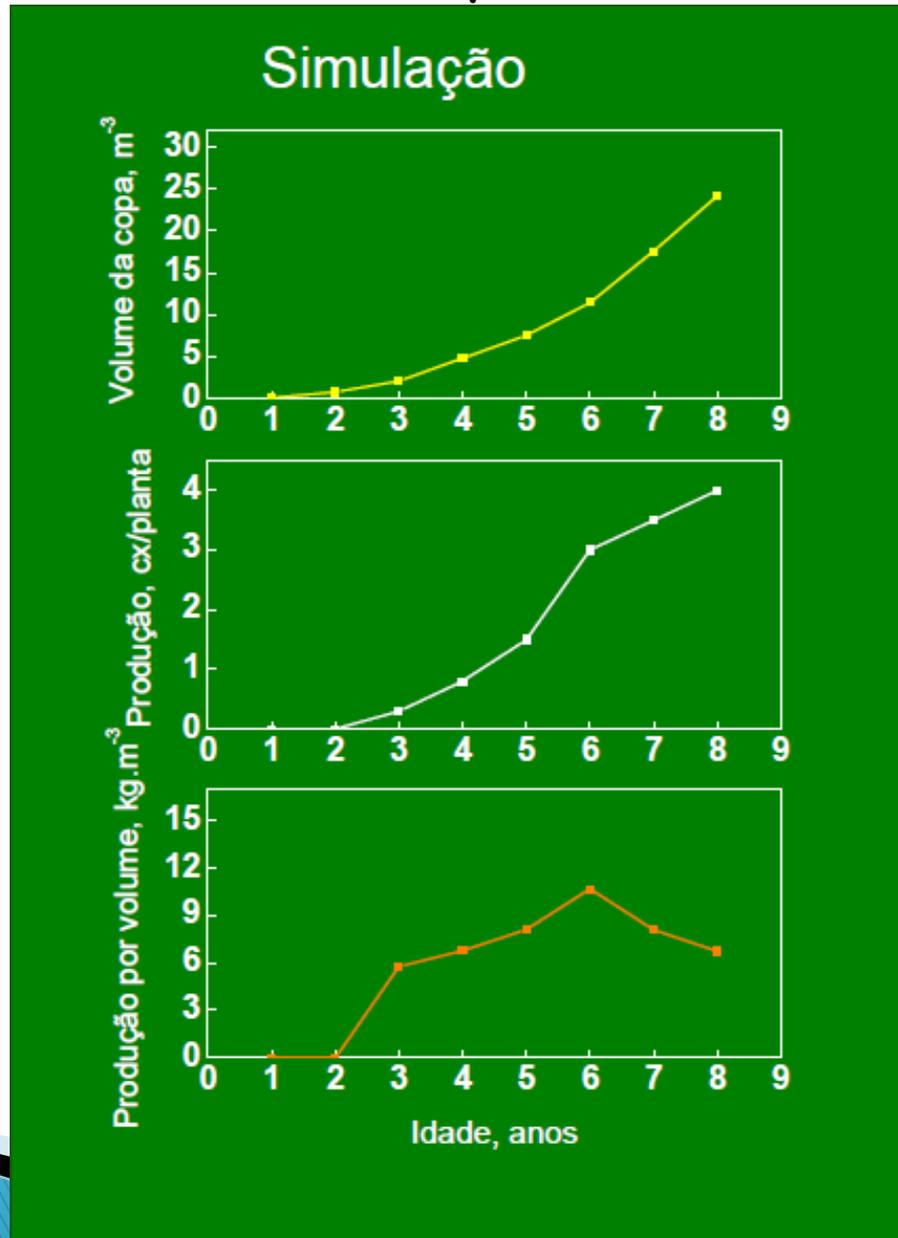
“A agricultura é a arte de colher o Sol”

Provérbio Chinês

Área foliar : quanto maior a cobertura do terreno ou índice de área foliar maior será a produtividade nos primeiros anos de produção.

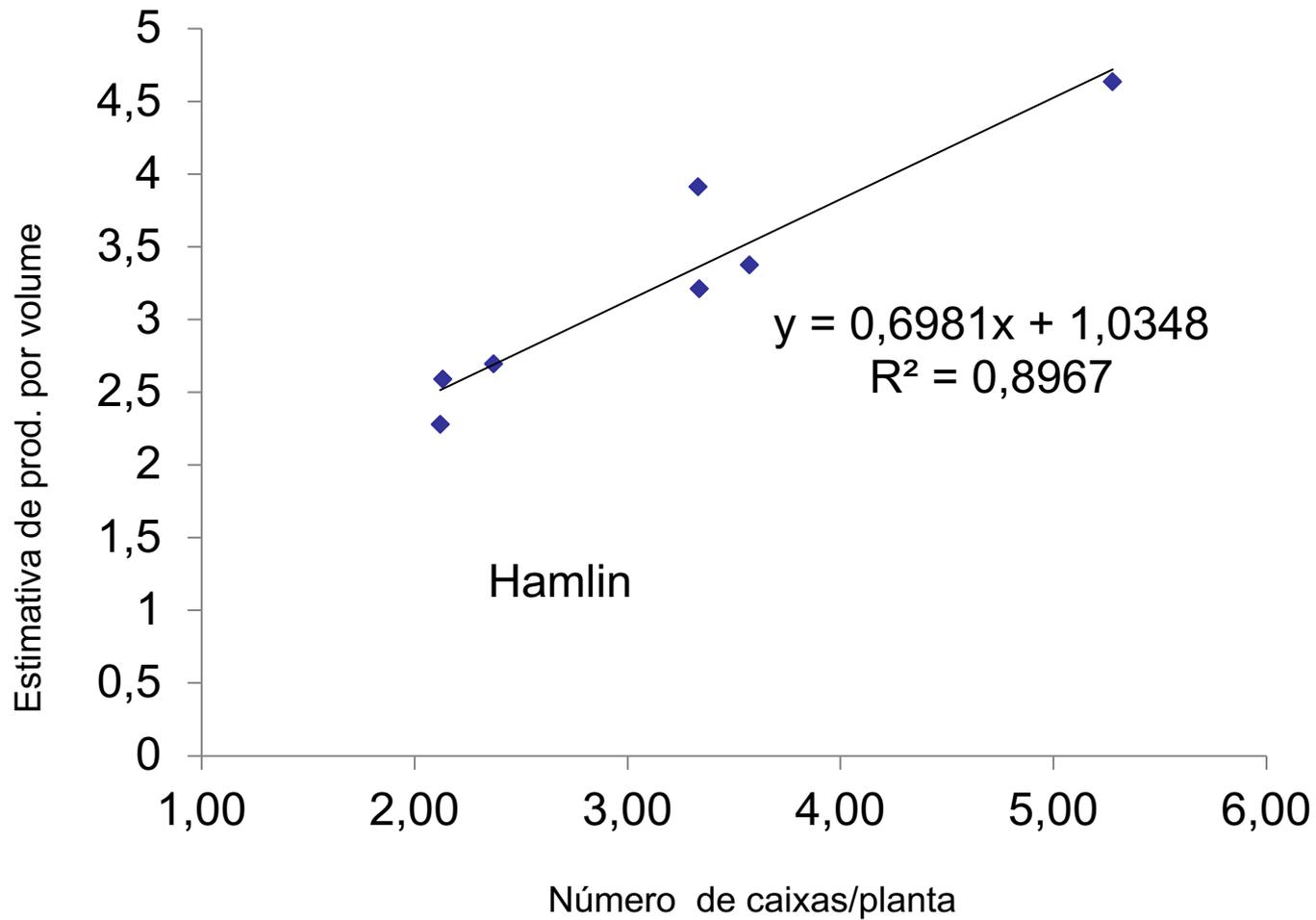
A produtividade máxima ocorrerá quando ocorrer aproximadamente 70% de cobertura do terreno.

Modelo para produtividade e Volume da Copa

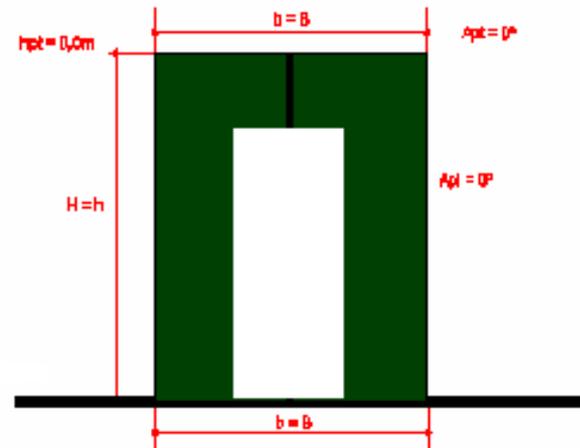
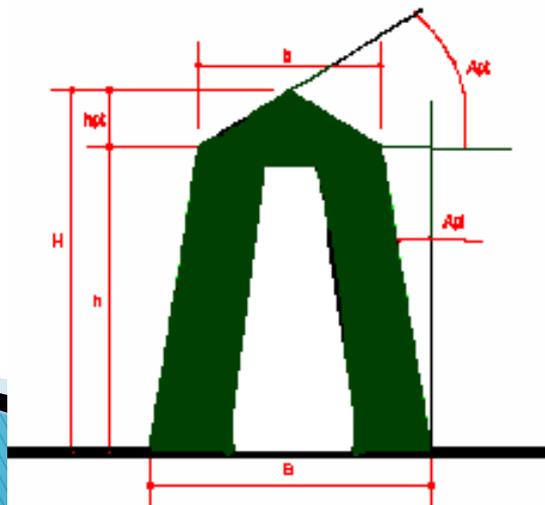


Medina et
al. 2008
d.n.p

La previsión de la cosecha: Volumen de la copa



Pomares altos e em renque tendem a ser mais produtivos



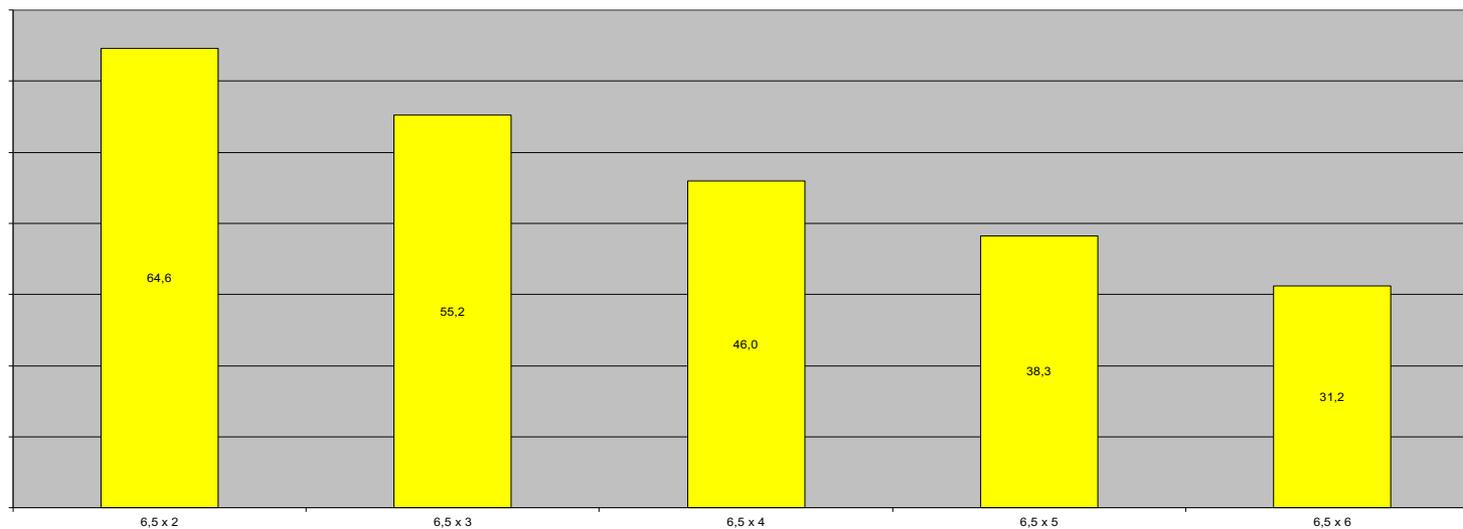
Fotos: Conplant

Adensamento de plantio

- Folha Murcha/Cravo (plantio 1982)
- Município Cordeirópolis

2,06 cx/planta

2,99 cx/planta

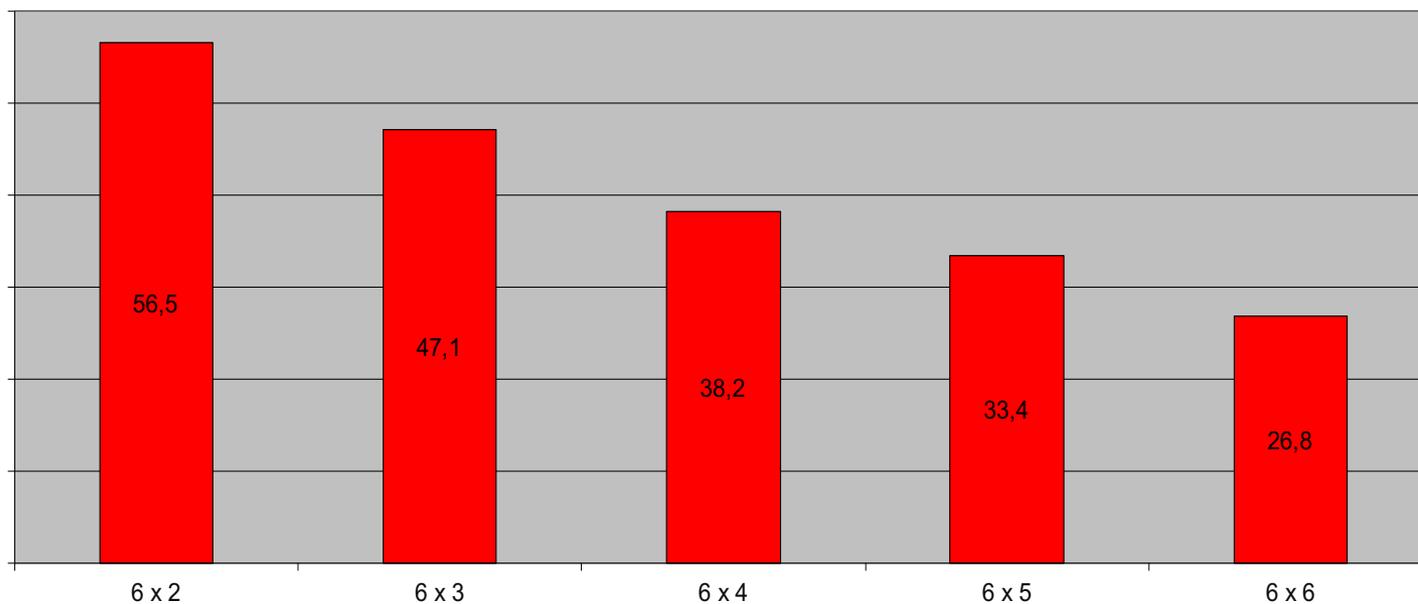


Adensamento de plantio

- Valência/Trifoliata (plantio 1987)
- Região Aguaí. Produção em toneladas /ha

1,67 cx/planta

2,37 cx/planta



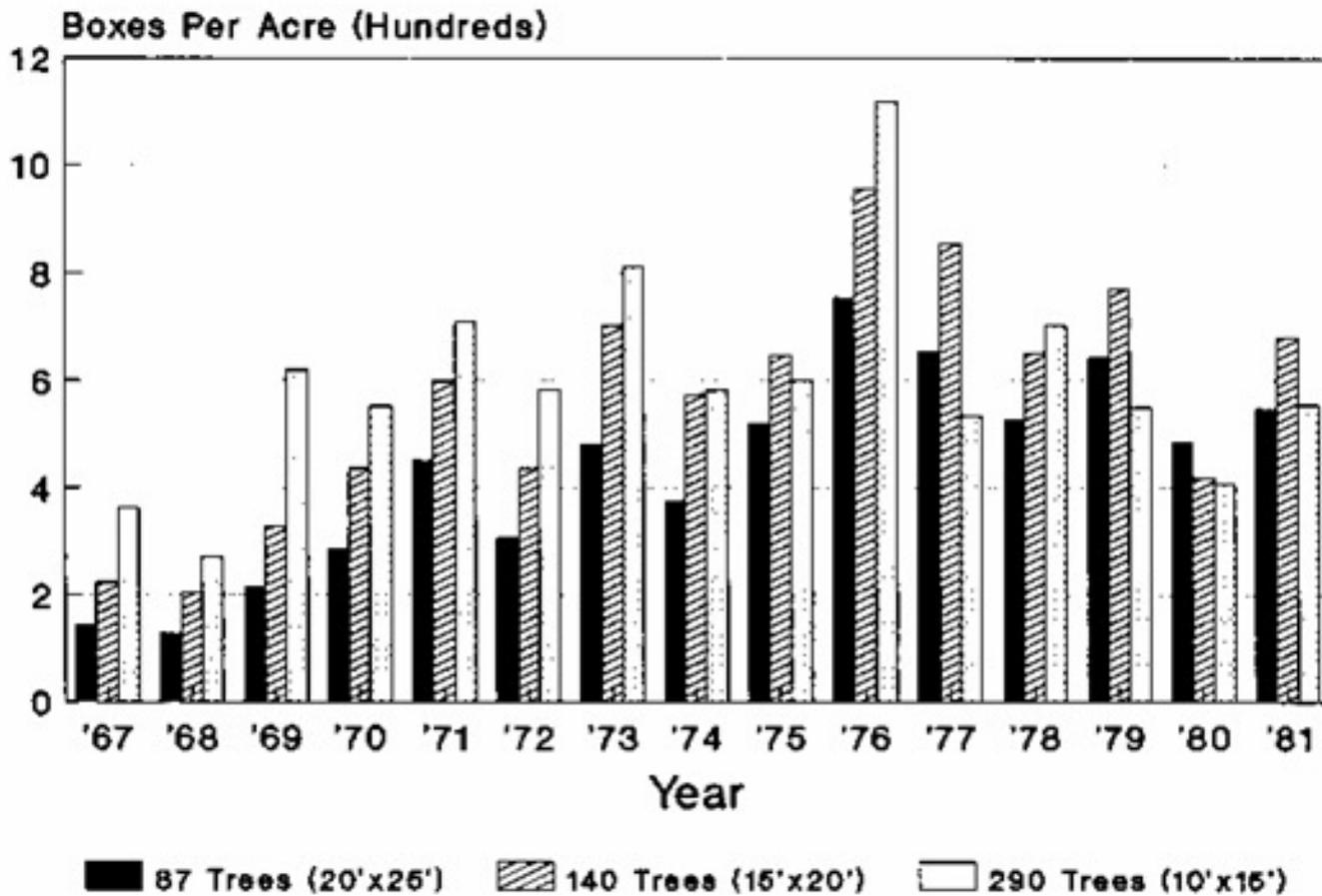


Figure 2. Yield per acre for three 'Pineapple' orange planting densities, 1967 through 1981.

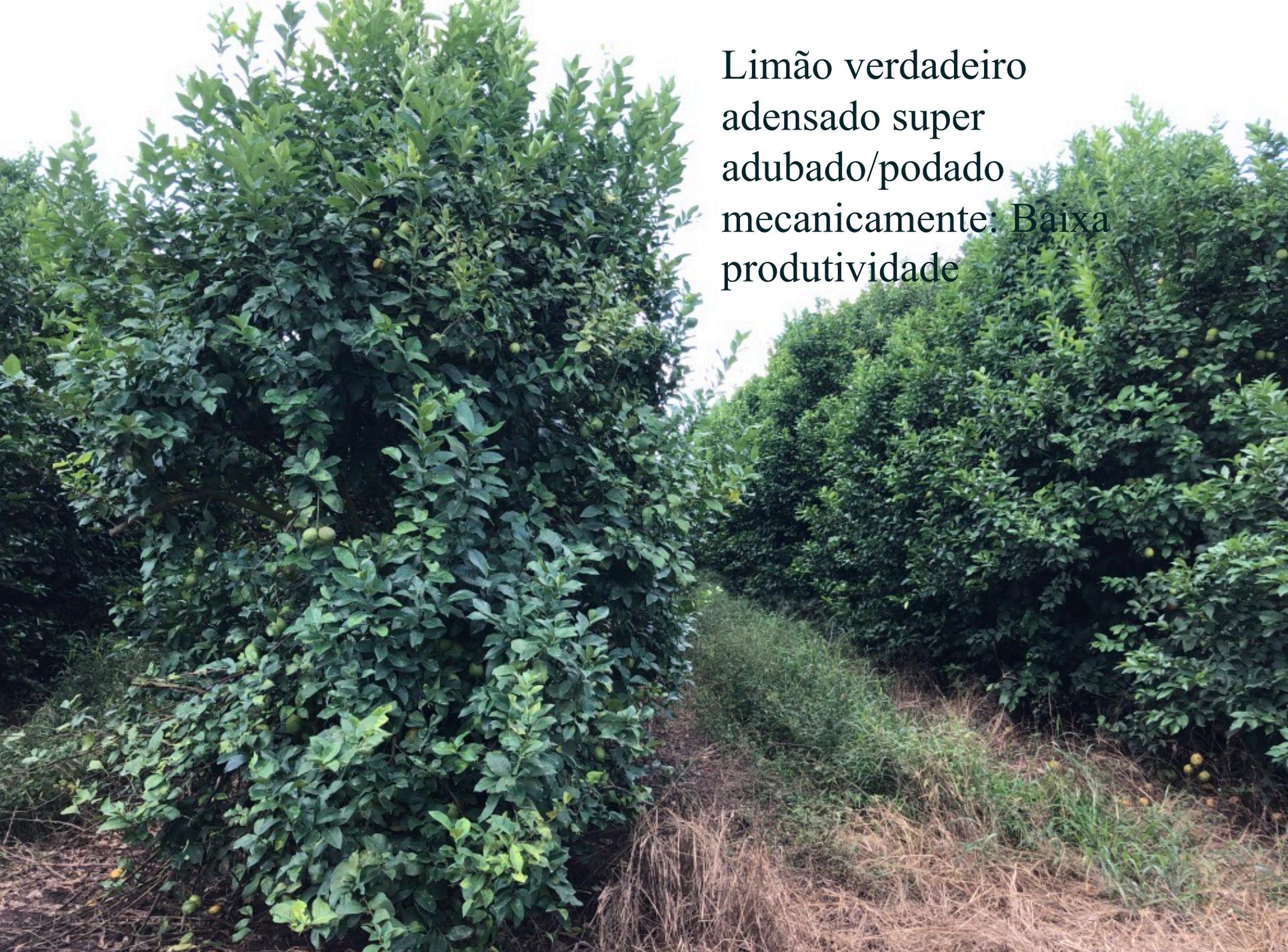
Source: SP74, University of Florida, 1991

Hábitos de crescimento

- O crescimento e frutificação das árvores dependem da relação entre carboidratos e compostos nitrogenados dentro da árvore.
- Quando ambos são adequados:
 - O crescimento moderado e altos rendimentos ocorrem
- Quando ambos estão baixos:
 - Crescimento e frutificação são ruins
- Baixo carboidrato e alto nitrogênio
 - Árvores são vigorosamente vegetativas às custas da frutificação.

Autor: Stephen H. Futch
Extension Agent, Multi County
University of Florida

Limão verdadeiro
adensado super
adubado/podado
mecanicamente: Baixa
produtividade



Podas manuais e resultado na produtividade em laranjeiras



Considerações para o adensamento de plantio

Vigor das árvores influenciado por:

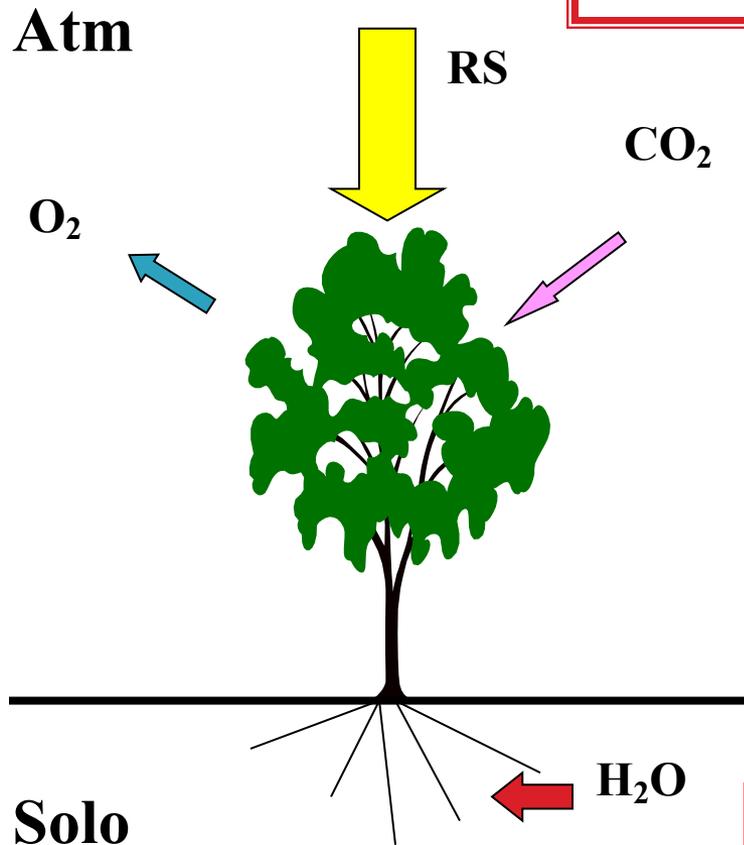
- Variedade
- Porta-enxerto

Fatores de solo e Clima:

- características do solo
- Disponibilidade de água
- Drenagem
- pragas do solo
- Quando as árvores atingem a maturidade, nutrientes ou água adicionais não são necessários.

Autor: Stephen H. Futch
Extension Agent, Multi County
University of Florida

Bioconversão da Energia Solar



1. Radiação Solar
2. Temperatura
3. Concentração de CO₂
4. Vento
5. Umidade do Solo
6. Umidade do Ar

ABERTURA / FECHAMENTO
DOS ESTÔMATOS

Utilização do Substrato Fotossintetizado (ΔS)

Independente do Mecanismo Fotossintético

✓ Manutenção da Estrutura Celular

Respiração de Manutenção (ΔS_m)

✓ Crescimento da Planta (ΔS_c)

$$\Delta S = \Delta S_m + \Delta S_c$$



Respiração de Manutenção (ΔS_m)

Depende de:

W = Fitomassa Viva (Tamanho da Planta)

Δt = Intervalo de Tempo (1 dia)

M = Coeficiente de Manutenção (Idade da Planta)

$$\Delta S_m = M * W * \Delta t$$

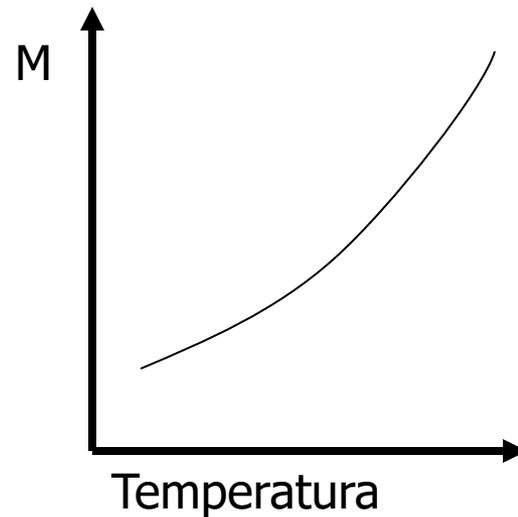


Autor: Antônio Roberto Pereira.
ESALQ-USP

Respiração de Manutenção (ΔS_m)

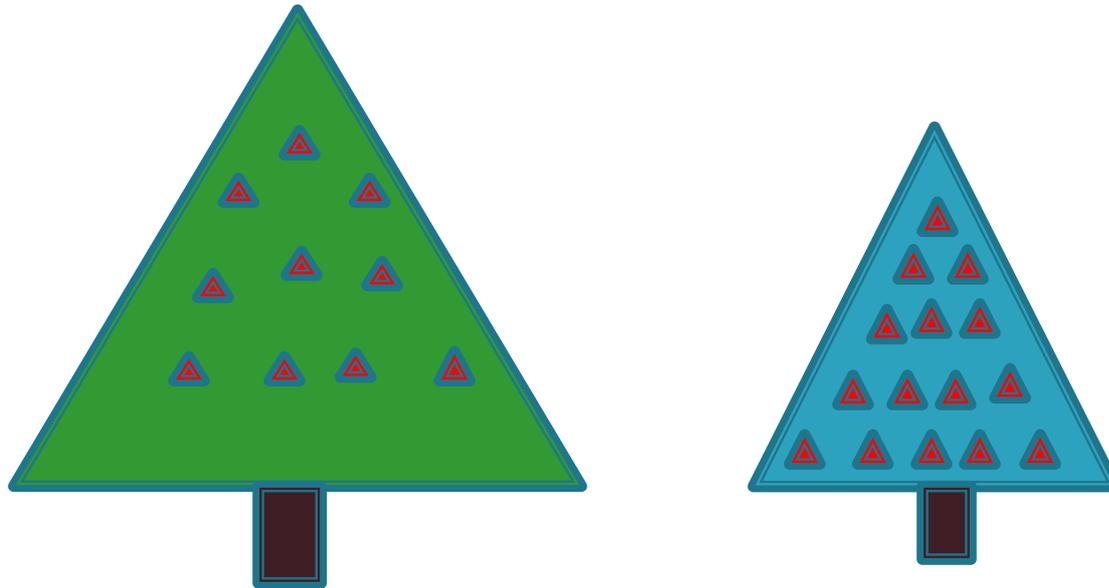
$$\Delta S_m = M * W * \Delta t$$

M = Depende da Temperatura



Dispêndio de energia para crescimento & Produtividade

Respiração: >>> manutenção, crescimento e síntese



A influência dos Porta-enxertos

Valência em trifoliata

Valência em Swingle

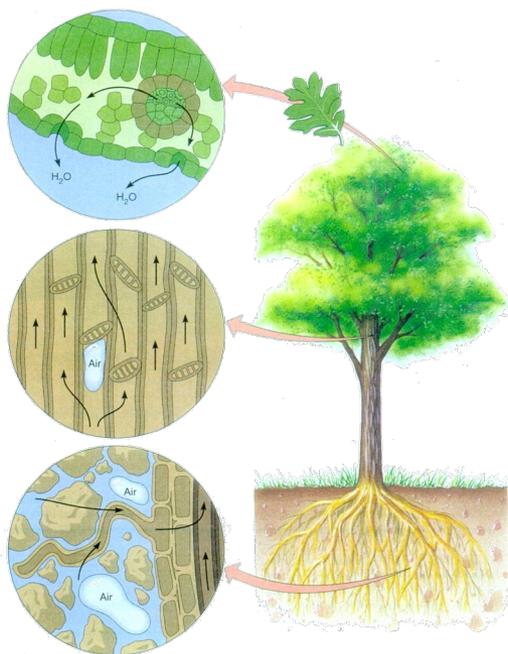


Plantas pequenas: podem ter grande eficiência em kg/m³



Plantas grandes
perdem a eficácia
pelo grave
sombreamento
interno e custo de
manutenção da
estrutura
vegetativa

Fatores que afetam a fotossíntese



GENÓTIPO

RADIAÇÃO SOLAR

ÁREA FOLIAR

TEMPERATURA DO AR

UMIDADE NO SOLO

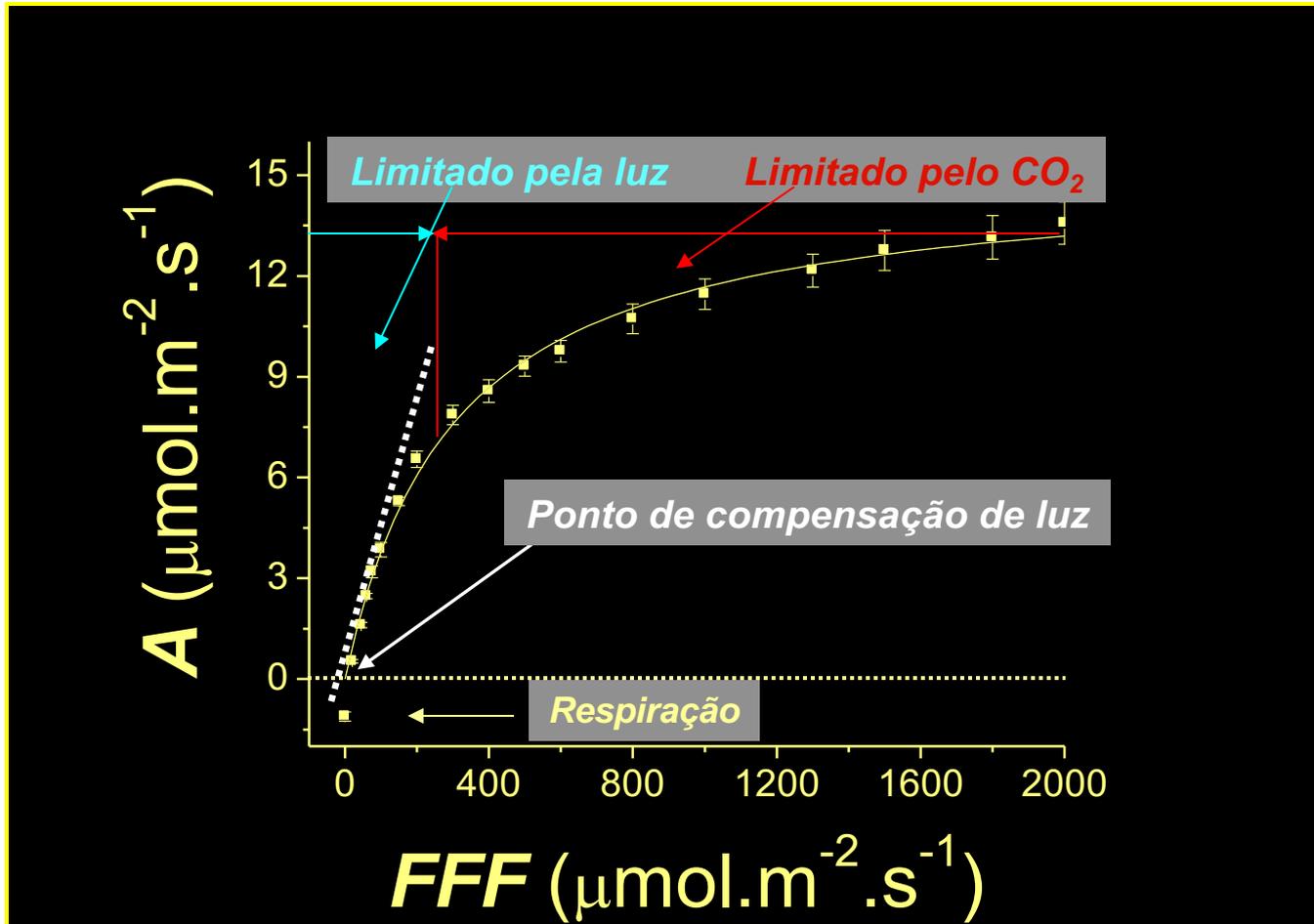
DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR

NUTRIENTES MINERAIS

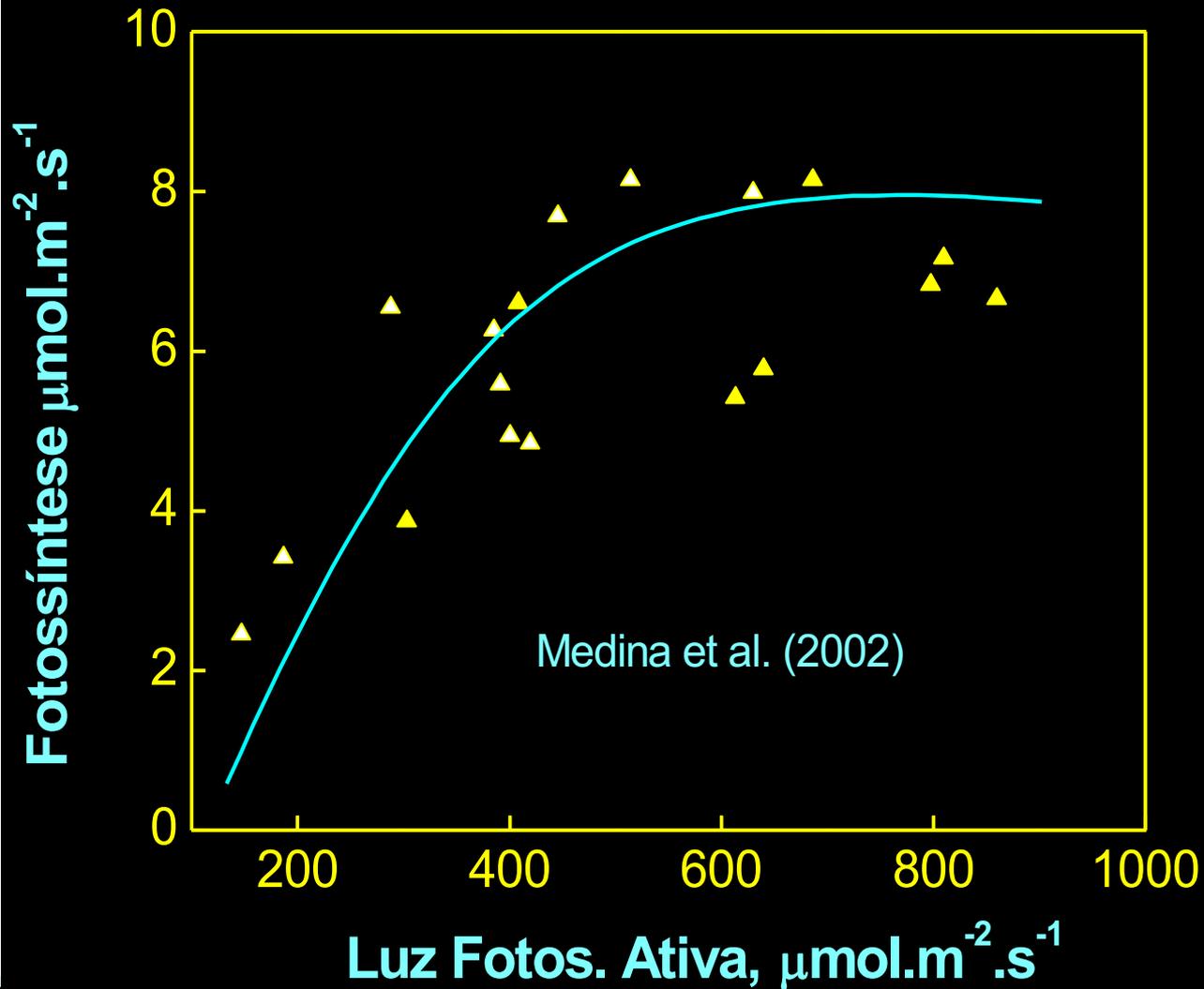
RELAÇÃO FONTE-DRENO

SAZONALIDADE

Modelo de resposta da fotossíntese em função da luz



Resposta da fotossíntese à luz em laranjeiras



De acordo com Kriedemann & Barrs (1981), os citros são originários de progenitores certamente envolvidos com árvores do estrato inferior de florestas de baixas latitudes

- ▶ Predominância do crescimento vegetativo em relação ao produtivo
- ▶ Desenvolvimento foliar exuberante com folhas constituindo a maior fonte de carboidratos
- ▶ Alta densidade de estômatos nas folhas, mas uma pequena rede primária e secundária de vasos, se comparado com outras plantas. Isso aliado a baixa condutividade hidráulica do sistema radicular, dotado de apenas vestígios de pelos radiculares, levam a um desbalanço entre transpiração e a absorção de água, principalmente sob alta demanda atmosférica

Temperatura

A temperatura exerce efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta e dos frutos. Na fase decrescimento vegetativo, a maioria das espécies de citros tem o crescimento sensivelmente reduzido com a ocorrência constante de temperaturas diurnas entre 12°C e 13°C, sendo este paralisado por volta de 5°C.

A faixa ideal de temperatura diurna, para manter a taxa de crescimento em nível máximo, situa-se entre 23 e 31°C. Acima de 37°C ocorrem danos fisiológicos à cultura. A qualidade dos frutos também é afetada pela temperatura, sendo que a faixa ideal vai de 25 a 30 °C durante o dia, e de 10 a 15 °C à noite.

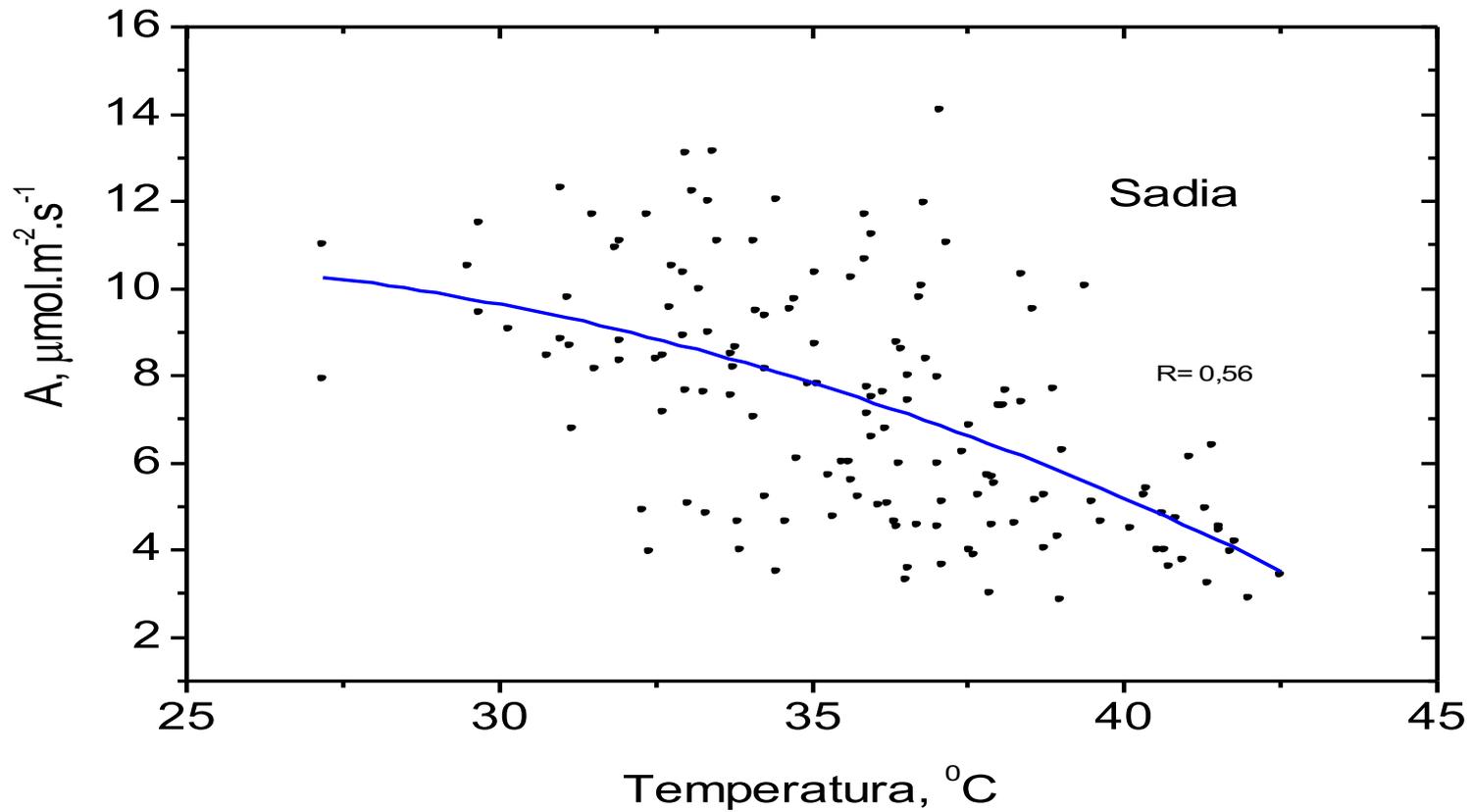
As plantas cítricas normalmente apresentam tolerância a geadas leves, dependendo da variedade, combinação copa/porta-enxerto, idade, estágio fenológico, época de ocorrência, intensidade e duração.

Danos significativos ocorrem com temperaturas foliares inferiores a - 4°C.

Tecidos mais jovens são mais susceptíveis às temperaturas mais altas.

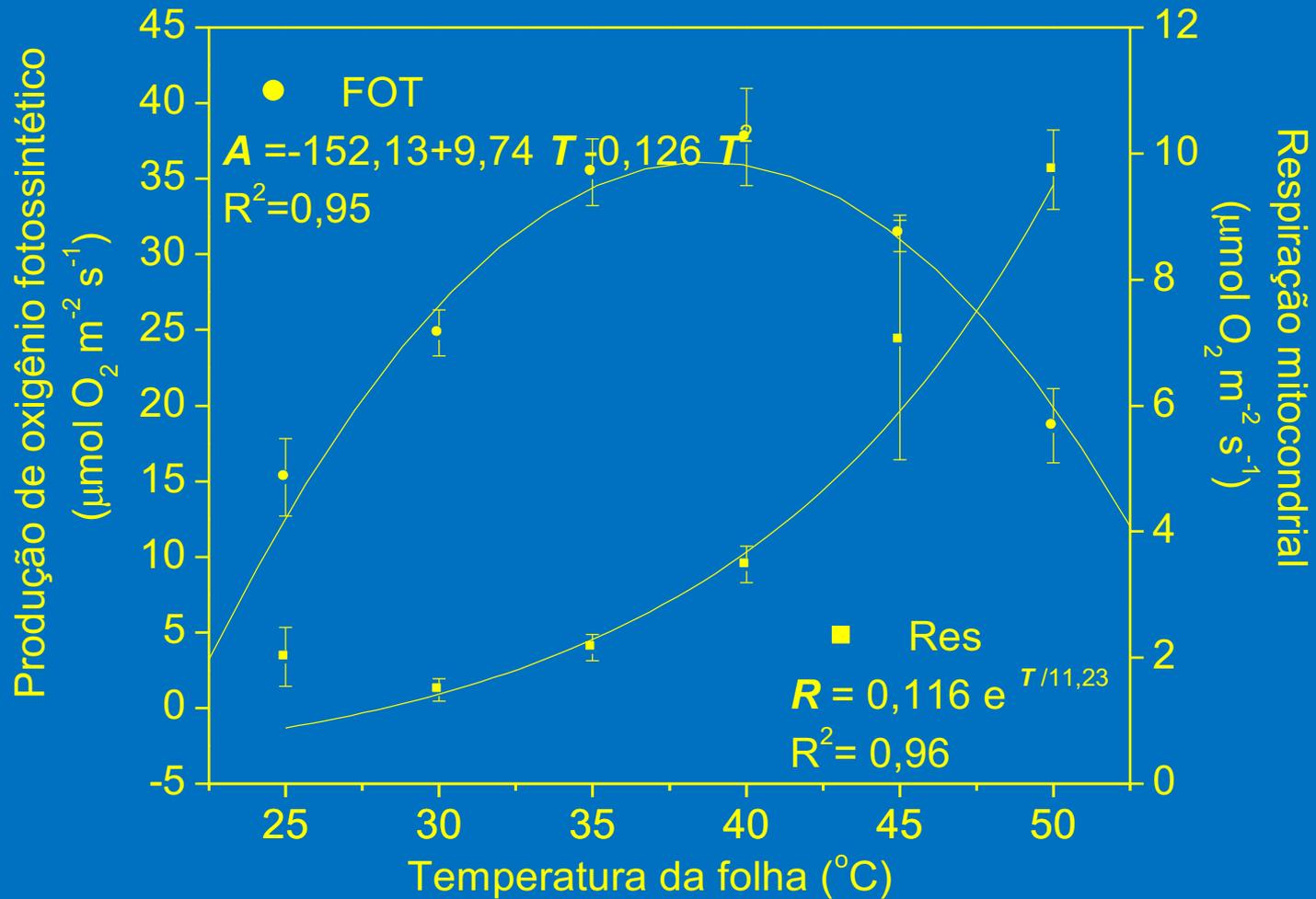
A temperatura média anual (T_a) = 17 °C indica o limite acima do qual a faixa é considerada termicamente apta à citricultura em geral. Exceto para pomelos e mexericas. Abaixo dessa temperatura média, começam a aparecer deficiências térmicas e problemas severos com geadas.

T_a = 20 °C mostra limite térmico inferior da faixa considerada apta para os cultivares pomelo e mexerica, que são mais exigentes em calor.



Taxa de fotossíntese em laranjeiras 'Pêra' em função da temperatura do ar (Medina, 2002).

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A FOTOSÍNTESE e Respiração



Laranjeira

L. Azeda

Cleópatra

Limão
Rugoso

Labanuskas et al.
(1958)

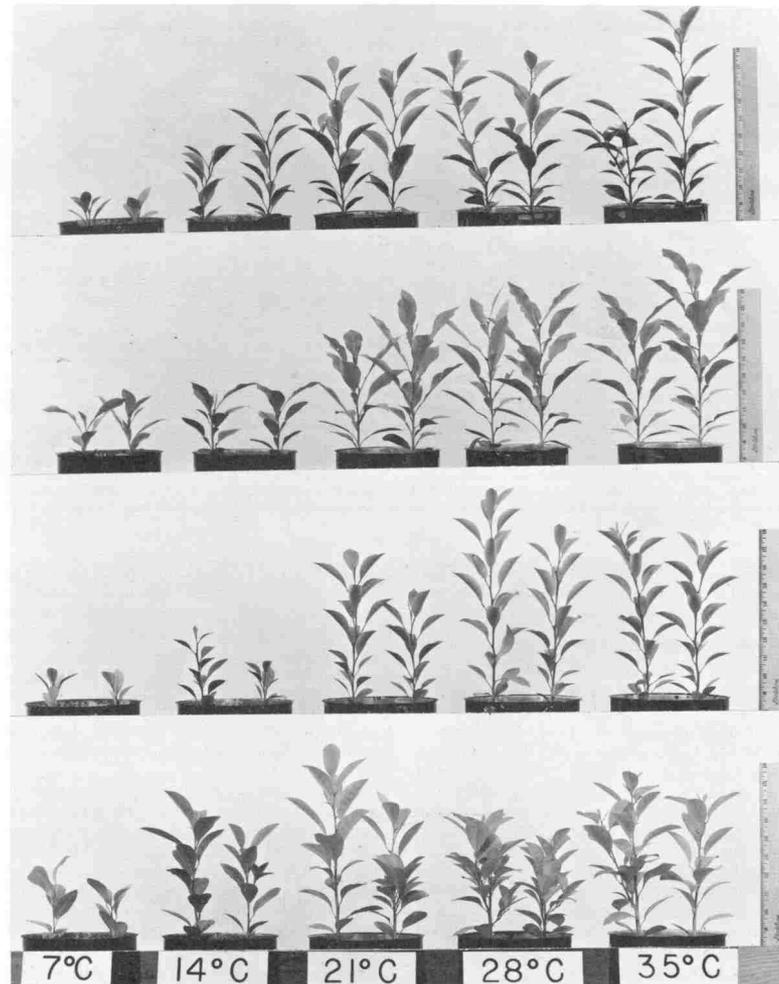
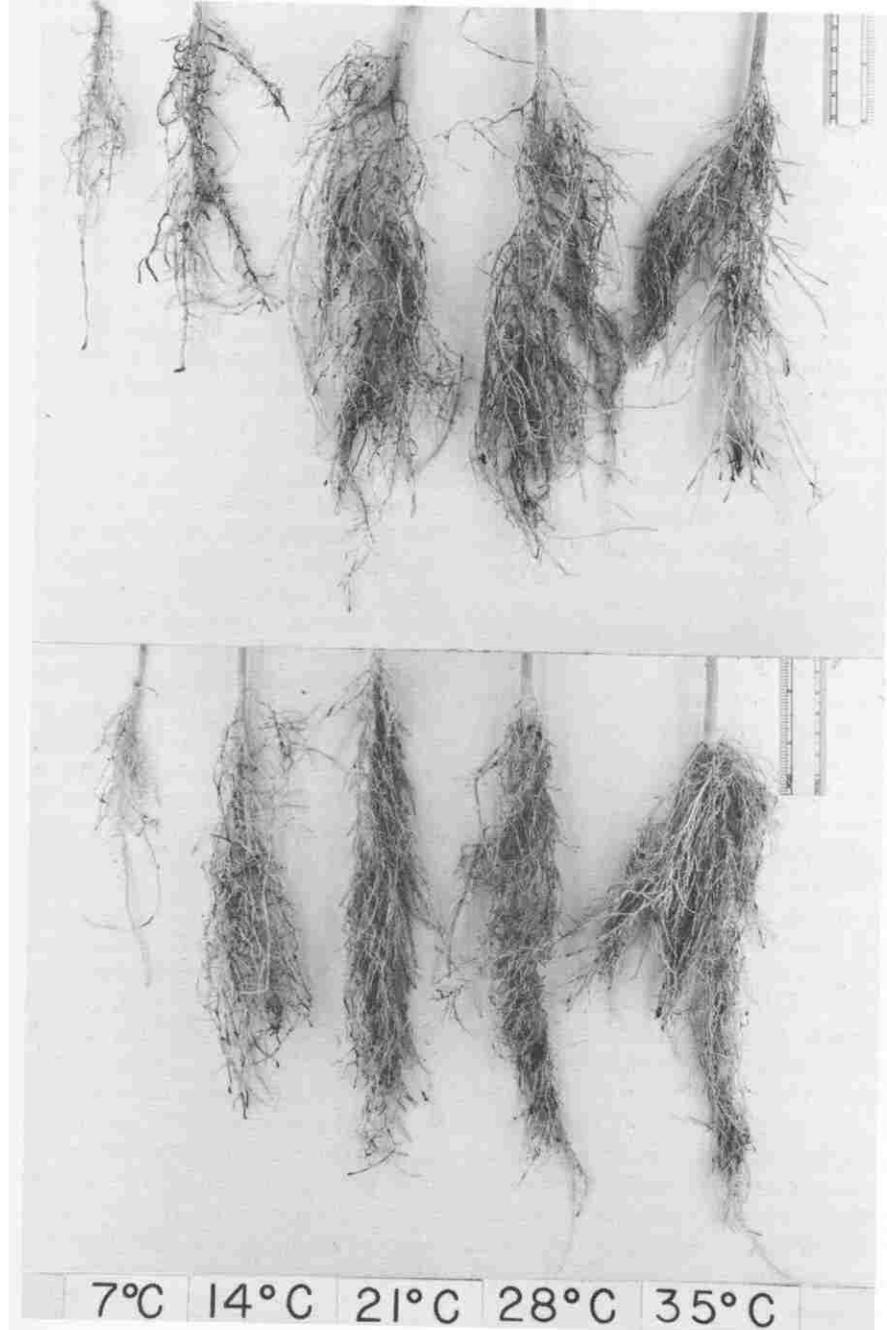


Fig. 9-35. Influence of soil temperature on vegetative growth of seedlings of several citrus species. From top to bottom as follows: Koethen sweet orange (*C. sinensis*); Standard sour orange (*C. aurantium*); Cleopatra mandarin (*C. reticulata*); and rough lemon (*C. limon*). From Labanuskas et al. (1958).

Influência da temperatura no crescimento radicular



Labanuskas et al. (1958)

Fig. 9-36. Influence of soil temperature on root growth of Standard sour orange (top) and rough lemon (bottom) seedlings. From Labanuskas *et al.* (1958).

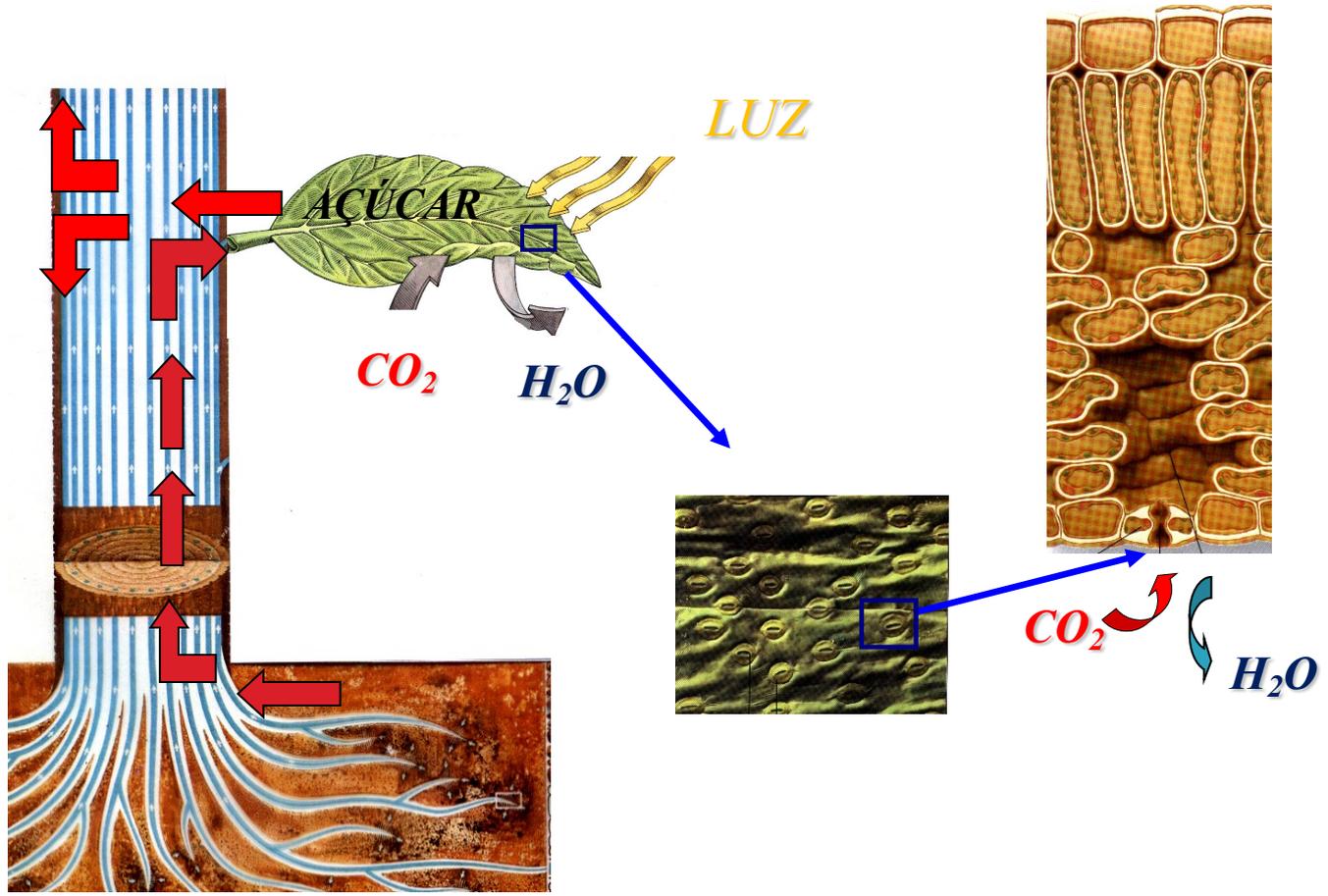
As baixas temperaturas do ar no inverno provocam a redução da assimilação de CO₂

- ✓ na fase metabólica da fotossíntese, por meio da inibição da atividade das enzimas dependentes da temperatura, relacionadas à fixação de CO₂ (NADA et al., 2003; ONODA et al., 2005; PIMENTEL et al., 2007; VAN HEERDEN et al., 2003),
- ✓ pela redução da atividade fotoquímica (ALLEN et al., 2001)
- ✓ alteração do status hídrico da planta, que está relacionado diretamente com a regulação estomática (MACHADO et al., 2002, 2005; MEDINA et al., 1999)
- ✓ e possível redução na atividade de aquaporinas (Magalhães filho, 2012).

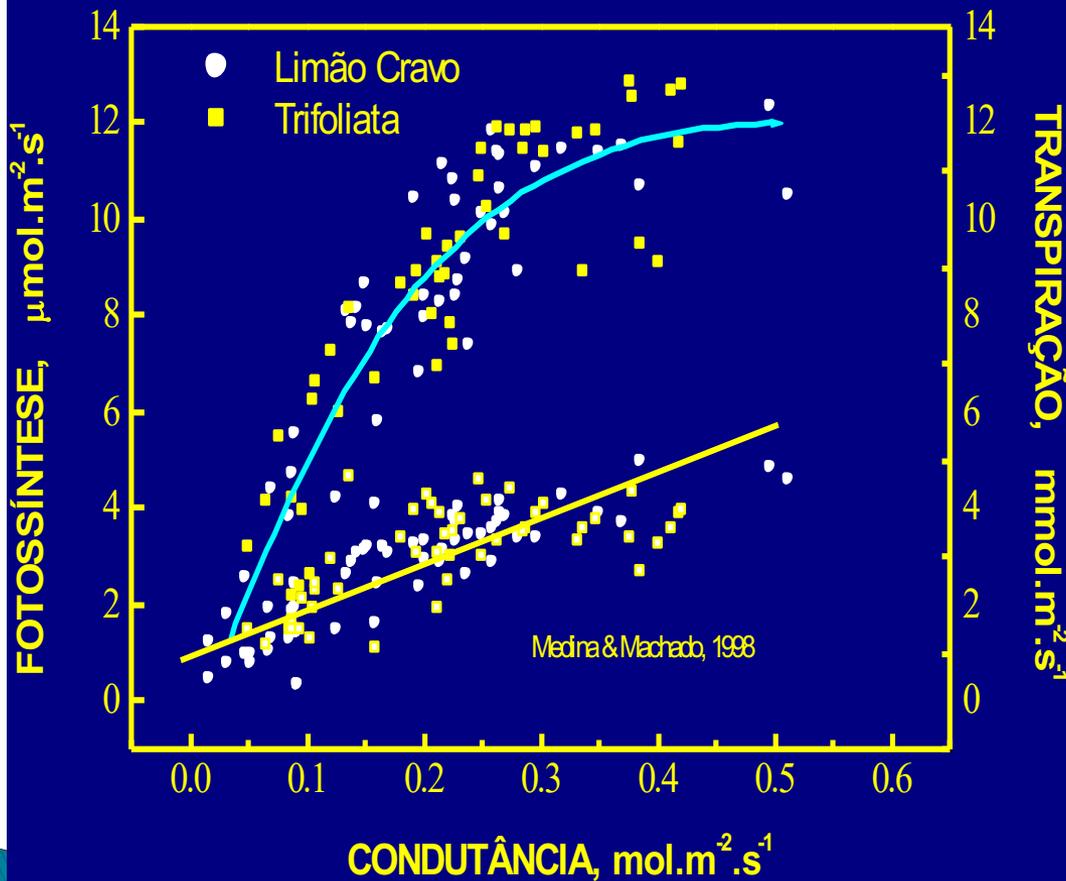
UMIDADE DO AR !



REPRESENTAÇÃO DA ASSIMILAÇÃO DE CO₂



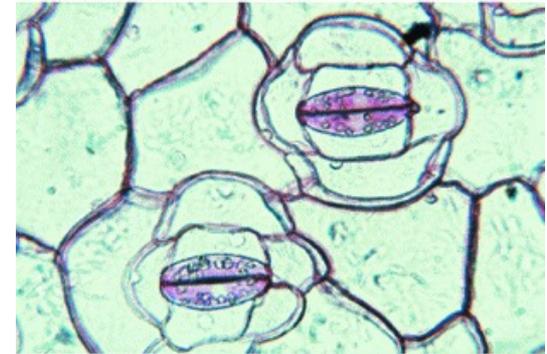
Relação entre condutância (abertura estomática) fotossíntese e transpiração em laranjeira 'Pêra'



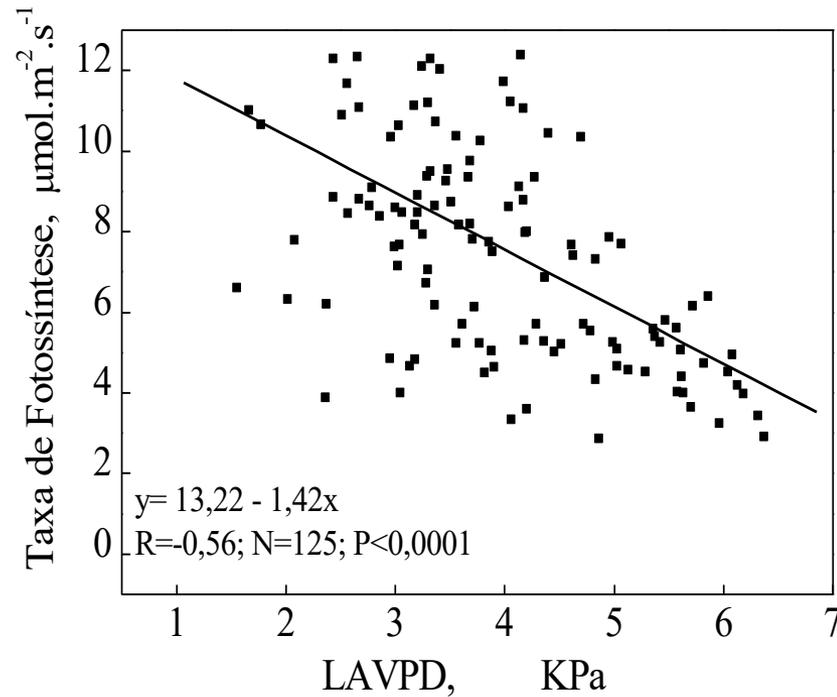
(A)



(B)



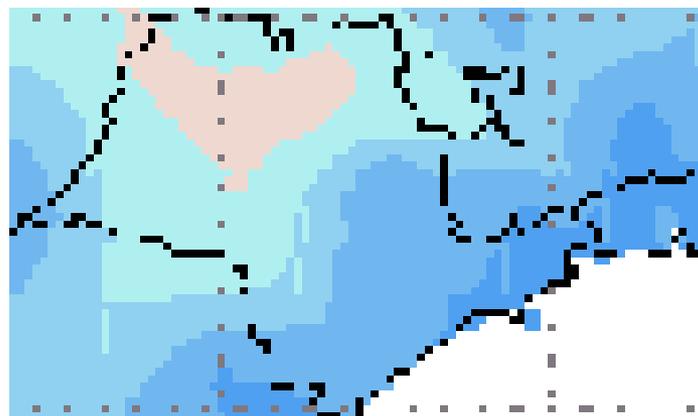
EFEITO DO CLIMA SOBRE A FOTOSÍNTESE NOS CITROS



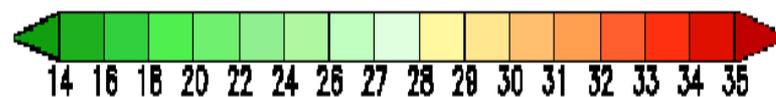
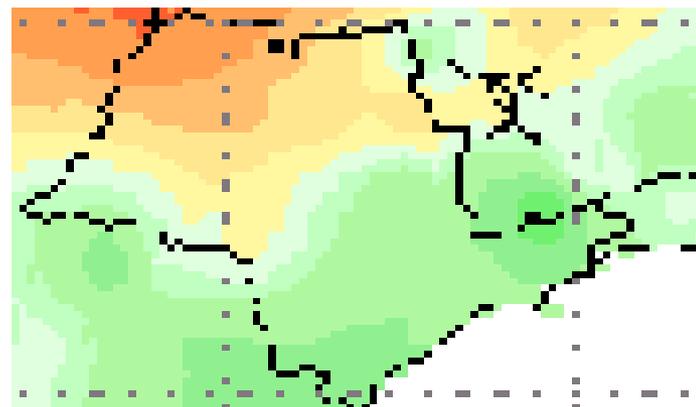
Taxa de fotossíntese em laranjeiras 'Pêra' em função do déficit de pressão de vapor entre o ar e a folha (Medina, 2002).

CLIMA EM SÃO PAULO

Umidade relativa

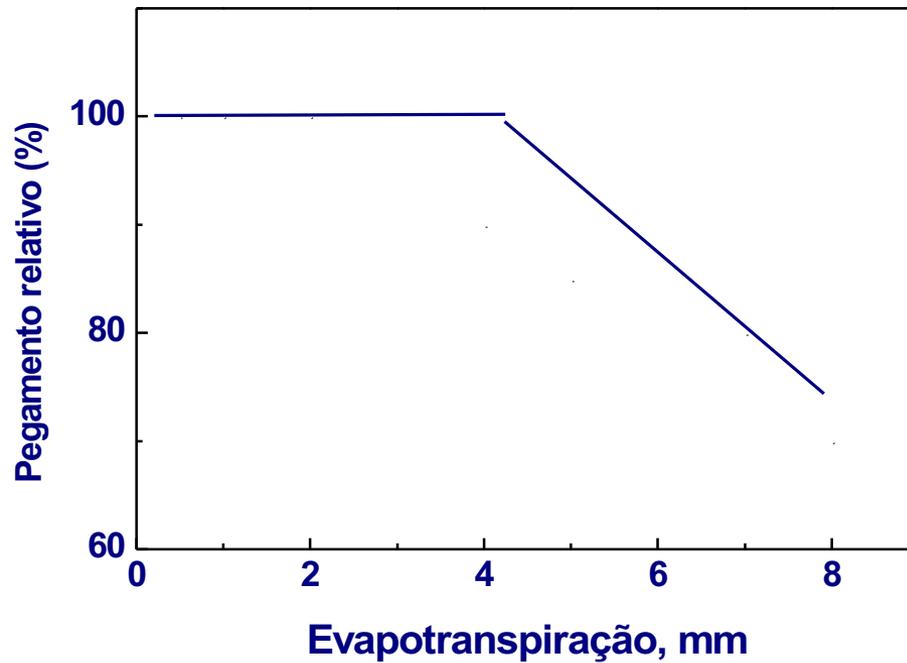


Temperatura Máxima



Outubro/Inpe

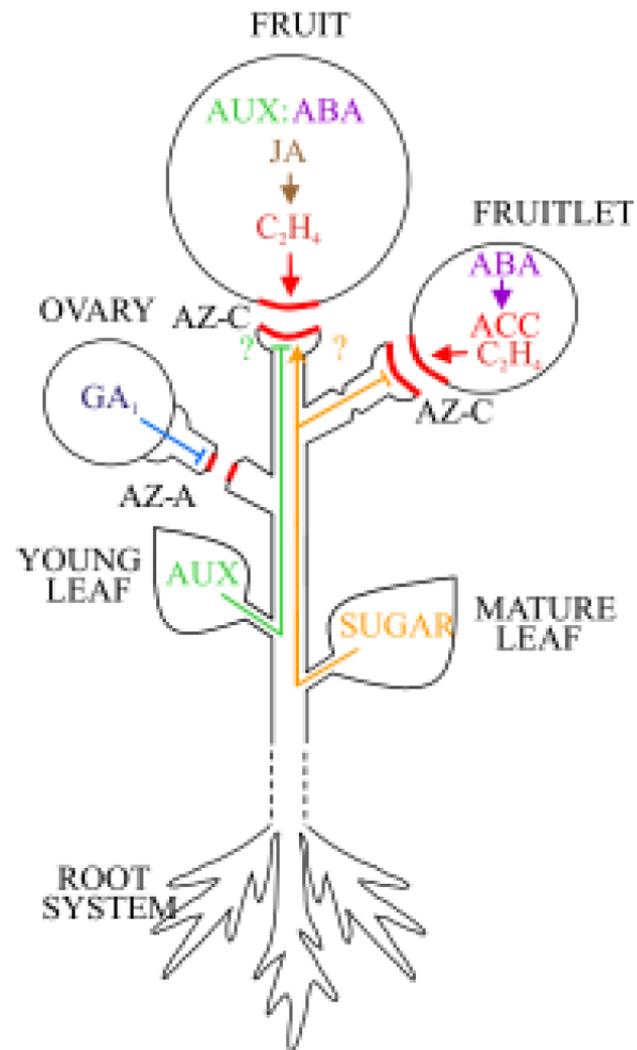
INFLUÊNCIA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO SOBRE O PEGAMENTO DOS FRUTOS



Mechlia & Carroll, 1989

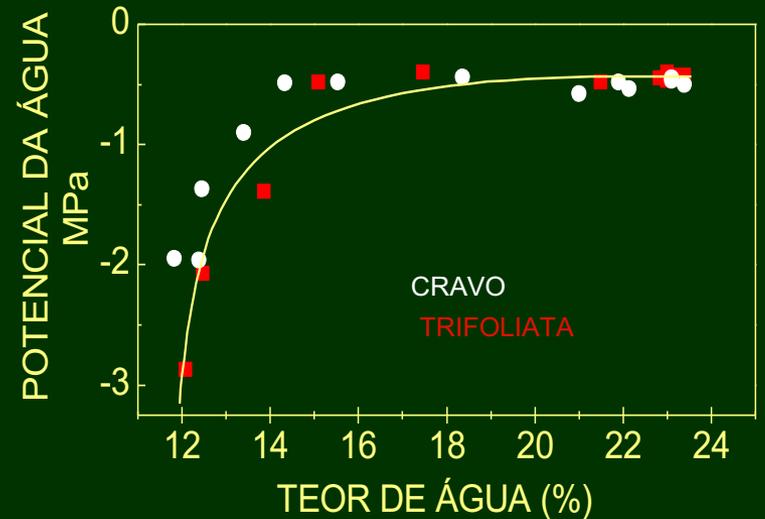
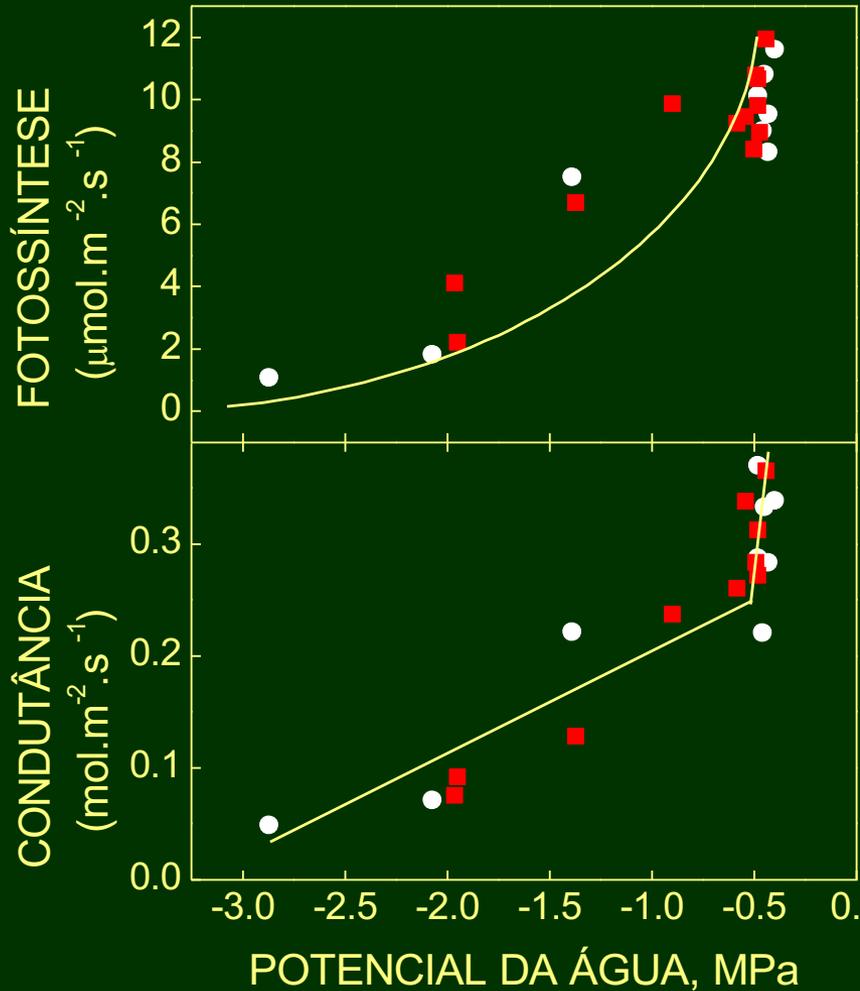
EXEMPLO: MODELO DE ABSCISÃO DOS FRUTOS

Iglesias et al (2007)



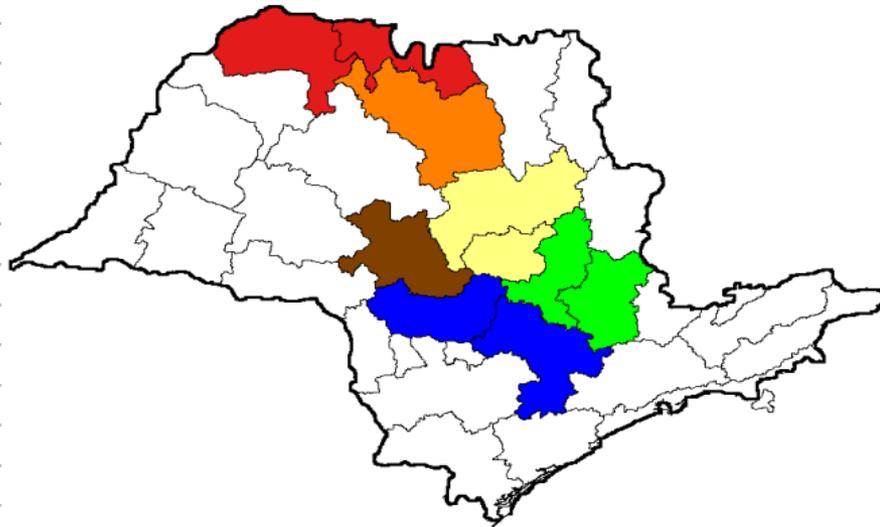
Fatores que afetam a fotossíntese - deficiência hídrica

**DEFICIÊNCIA HÍDRICA:
INTERRUPÇÃO DA IRRIGAÇÃO
VALÊNCIA SOBRE 'CRAVO'
VALÊNCIA SOBRE 'TRIFOLIATA'**



A necessidade hídrica dos citros, para obtenção de altos níveis de rendimento, situa-se entre 600 e 1.300 mm por ano (o que depende da demanda, déficit hídrico e distribuição de chuvas) . A ausência de chuvas, por dois a quatro meses (depende do solo e sua capacidade de retenção de água ou reserva hídrica), é essencial para que as plantas reduzam seu metabolismo, condicionando o repouso vegetativo para a concentração da floração em certa época do ano. No entanto, deficiências hídricas durante o florescimento são extremamente prejudiciais aos pomares, provocando a queda de flores e, conseqüentemente, redução de produção.

Climas característicos para a produção paulista

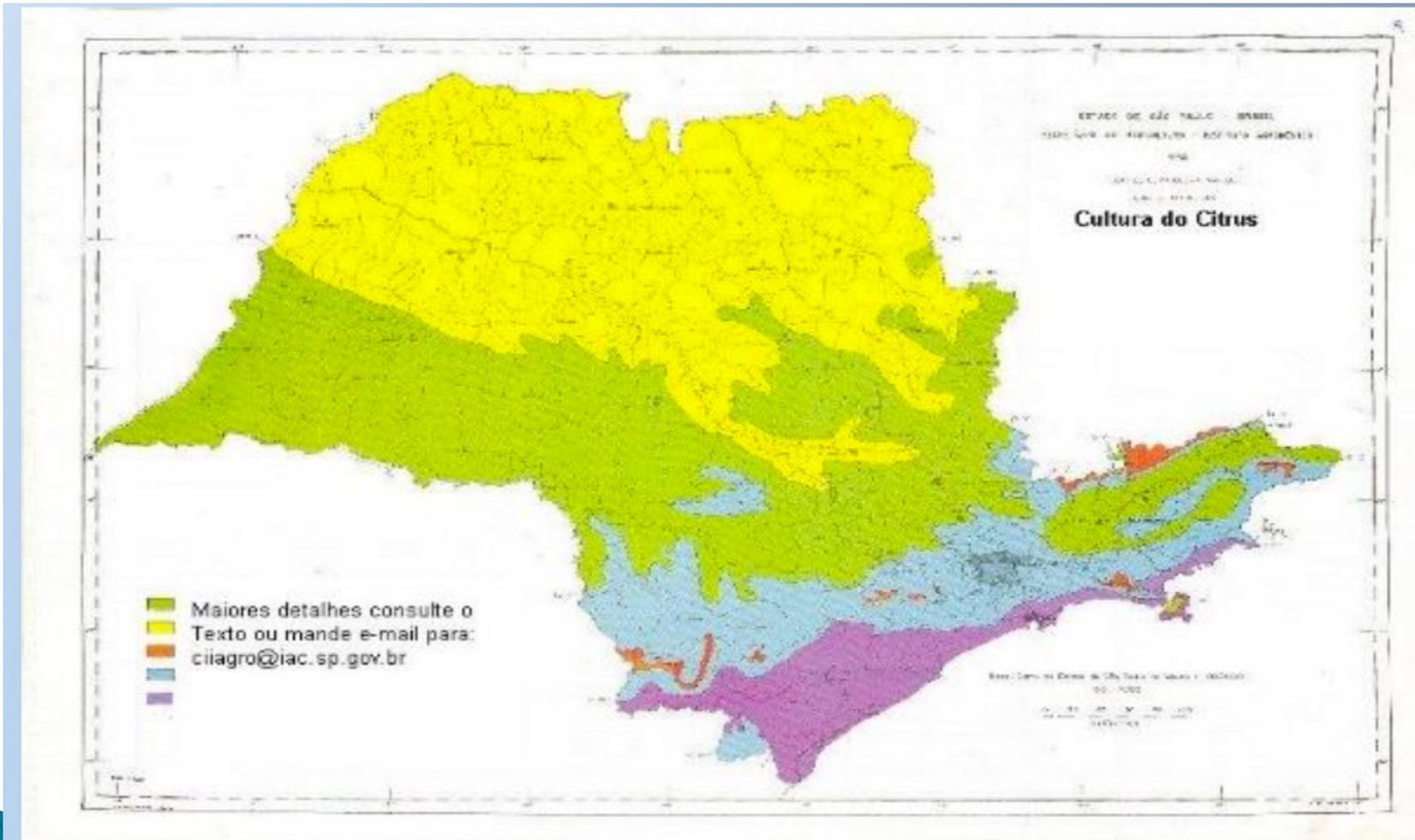


	Extremo Norte
	Norte
	Centro
	Sul
	Extremo Sul

REGIÕES	TEMP. °C	CHUVA mm	DEF. HÍDRICO mm
Ext. Norte	23,0	1170	160
Norte	22,6	1282	103
Centro	21,7	1344	60
Sul	21,0	1370	30
Ext. Sul	19,7	1380	0

Fonte : IAC

Zoneamento de São Paulo. IAC



Estresse hídrico & desfolhas

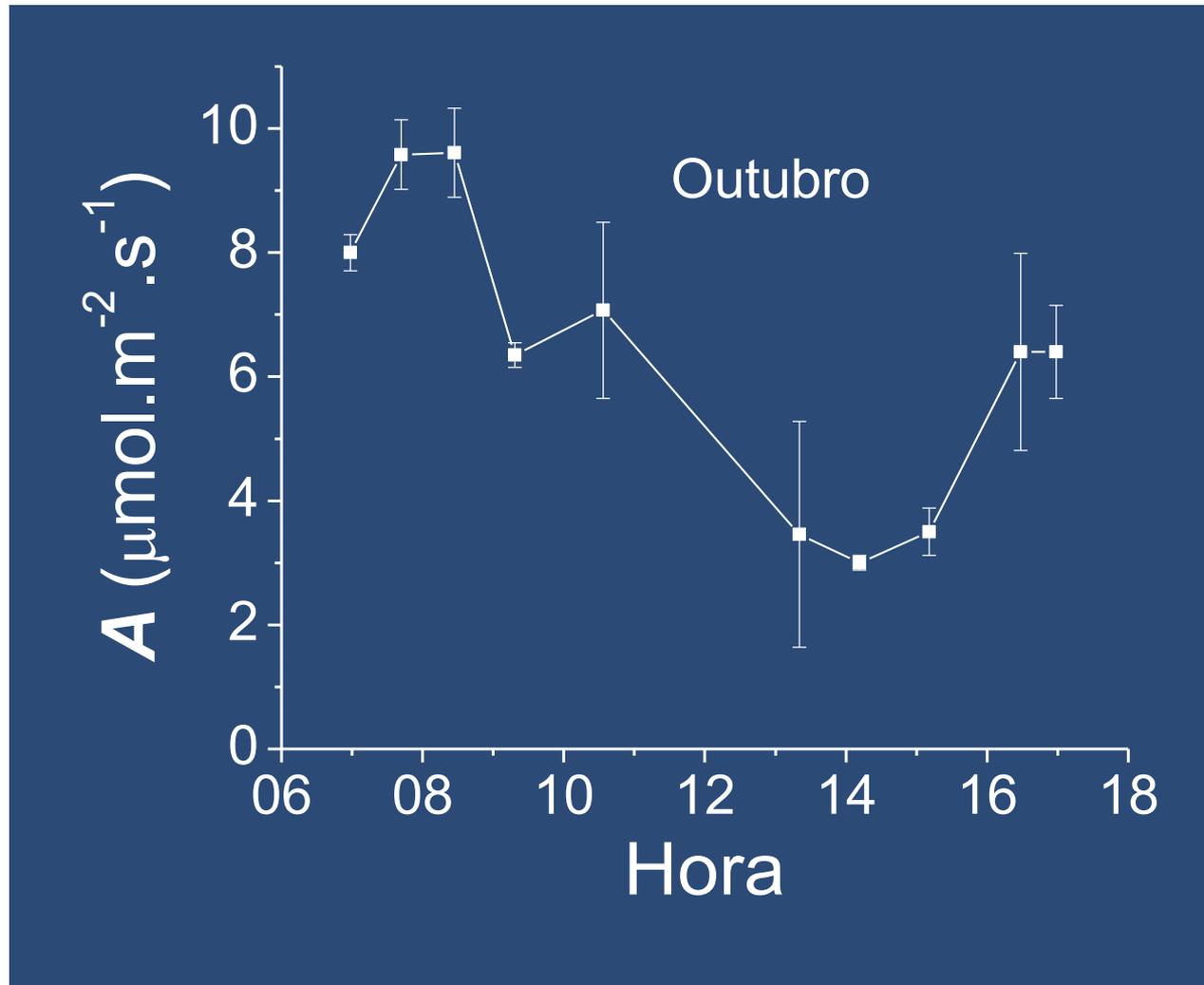
Limites da produção de sequeiro !!



Área Foliar e Produtividade



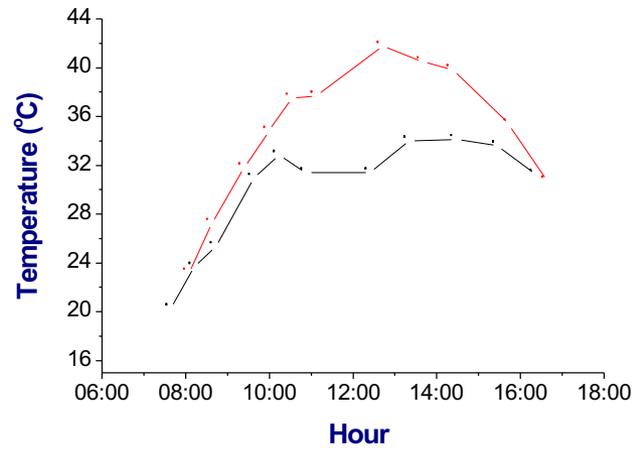
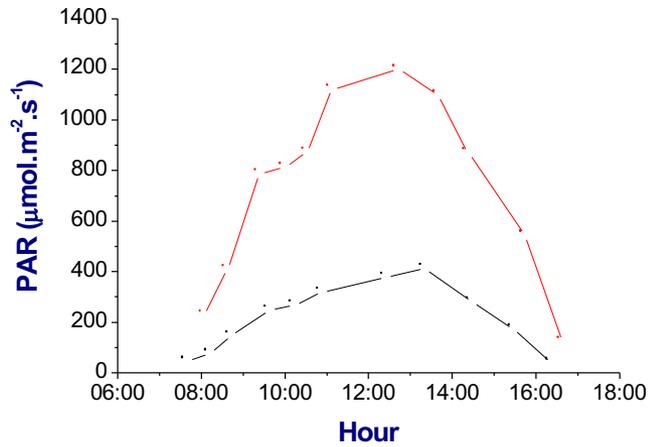
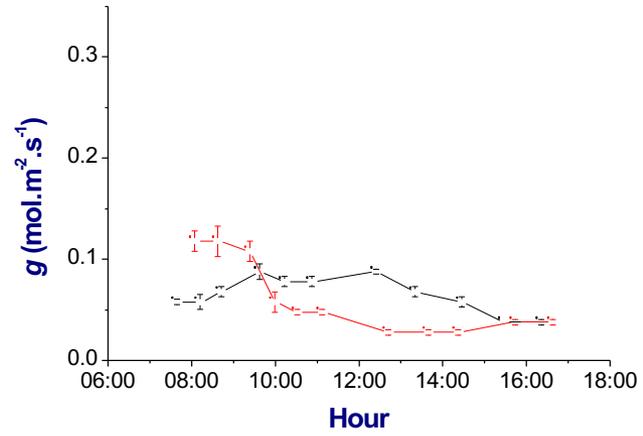
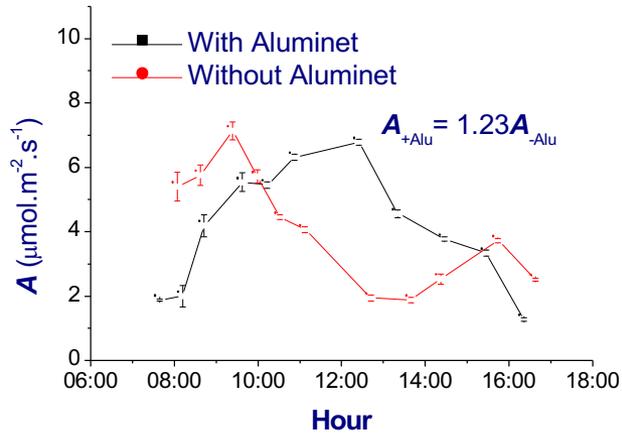
Fotossíntese - variação durante o dia



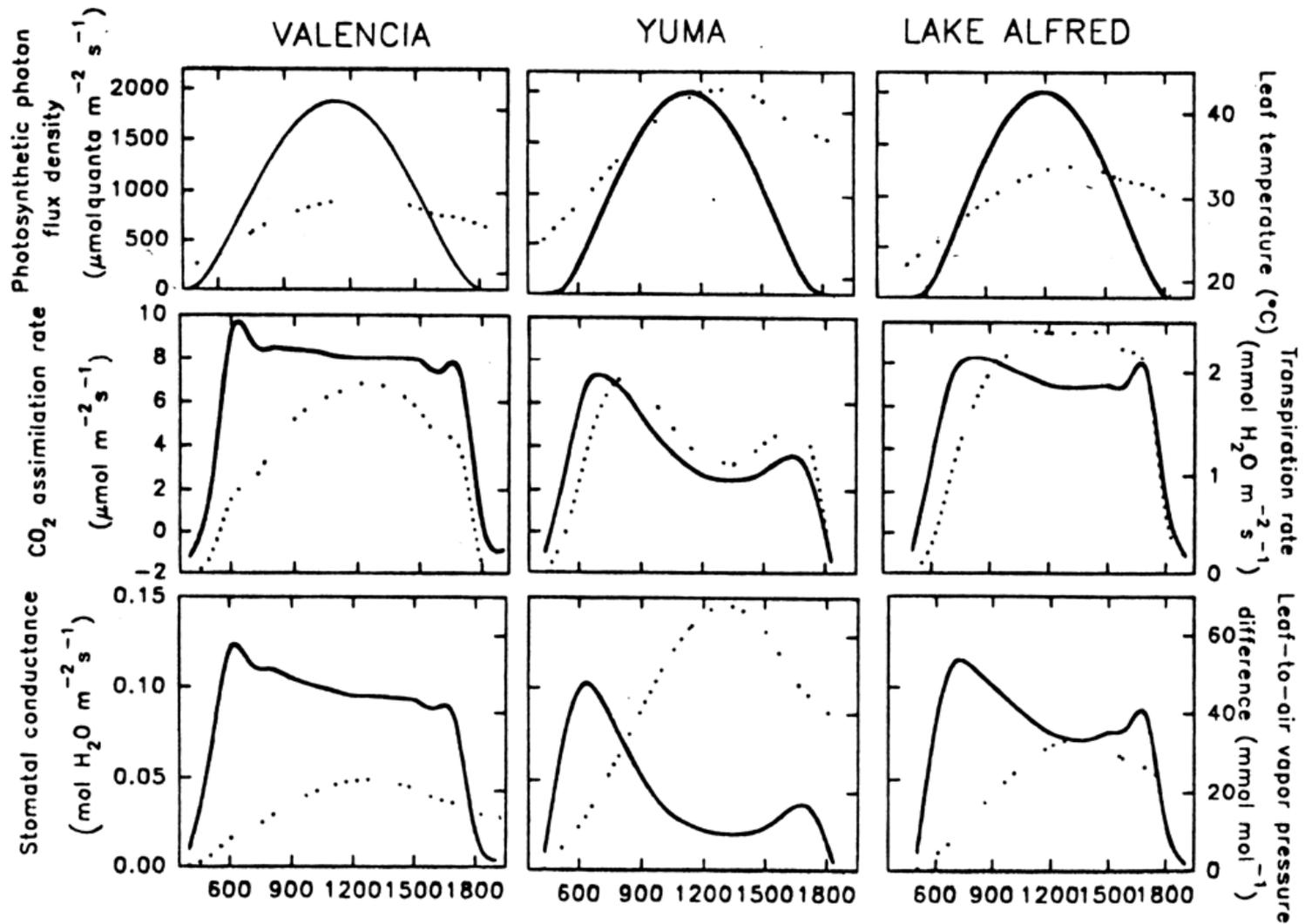
Clima em ambiente
protegido com tela
reflectoras



August 08, 2000



PRODUTIVIDADE EM DIFERENTES REGIÕES



Queimaduras
de sol nas
folhas



Potencial para uso de SAF em Regiões muito quentes

Muito
obrigado pela
atenção !

