

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

Este exemplar corresponde à redação final
da Tese defendida pela Sra. Nidia Majerowicz
Gouveia, e aprovada pela Comissão Julgadora
Unicamp, 25 de Abril de 1984

Maro R. Söndahl

Presidente da Comissão Julgadora

ESTUDO DA DIFERENCIAÇÃO E CRESCIMENTO DE
GEMAS FLORAIS DE *COFFEA ARABICA* L.
OBSERVAÇÕES SOBRE ANTESE E MATURAÇÃO DOS FRUTOS

NIDIA MAJEROWICZ GOUVEIA

Orientador: Prof. Dr. MARO R. SÖNDAHL

Tese apresentada ao Instituto
de Biologia da Universidade
Estadual de Campinas, para ob-
tenção do título de MESTRE EM
BIOLOGIA - ÁREA DE BIOLOGIA VE-
GETAL. CIÊNCIAS.

TÍTULO: MESTRE EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS - ÁREA BIOLOGIA
VEGETAL.

G745e

5434/BC

ABRIL 1984

CAMP
CENTRAL

Agradecimentos

- Ao Professor Maro R. Sondahl pela orientação, apoio irrestrito, incentivo e pela amizade.
- Ao Dr. Coaracy M. Franco e ao Dr. Alcides Carvalho pelas valiosas sugestões e pelo apoio durante a execução deste trabalho.
- À Pesquisadora-Científica Marinez M. Alves de Lima pela colaboração, pelas sugestões e pela amizade.
- Aos Pesquisadores-Científicos Herculano P. Medina Filho e Luiz C. Fazuoli pelo apoio e à Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pelo suporte humano e material indispensável para a realização deste trabalho.
- Ao Pesquisador-Científico Sergio Vasco de Toledo e à Seção de Café do Instituto Agrônomo por ter colocado à nossa disposição grande parte dos cafeeiros utilizados - neste trabalho.
- À Pesquisadora-Científica Dixier M. Medina pela colaboração nos estudos de histologia e aos Pesquisadores - Científicos Rubens R.A. Lordello e Condorcet Aranha pelas facilidades nos trabalhos de microscopia ótica e fotomicrografias.
- Ao Pesquisador-Científico Carlos J. Rosseto pelo auxílio na realização das fotografias em lupa estereoscópica.
- Ao Pesquisador-Científico Toshio Igue pelo auxílio na análise estatística dos dados.
- Ao Dr. Ângelo P. de Camargo pelas informações e dados para a elaboração das curvas de balanço hídrico e à Seção de Climatologia do Instituto Agrônomo.

- Às bibliotecárias M. Lucia N. Dutra de Castro, Neide Zamariolli e Regina R.B. Neves e funcionários da Biblioteca do Instituto Agrônômico pela atenção e eficiência na obtenção das referências bibliográficas.
- À Sra. Maria G. Guaraldo pelo prestimoso auxílio em várias etapas deste trabalho e à auxiliar técnica Marley Macareli pela colaboração nos trabalhos de campo e de laboratório.
- Aos professores Antonio C. Magalhães, Ladaslav Sodek e Ivany F.M. Valio pela revisão crítica deste trabalho e pelas sugestões apresentadas.
- Ao Professor Luiz G. Labouriau pelas sugestões no campo da estatística, pelas bibliografias e pelo incentivo .
- Ao Professor A.Constantino de Campos por ter contribuído para a minha formação inicial na área de fisiologia vegetal e pelo incentivo.
- Ao Instituto Brasileiro do Café (IBC) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Um agradecimento especial ao meu marido, Gilberto Gouveia, companheiro, amigo e solidário em todos os momentos.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	4
1. Crescimento e florescimento em <i>C. arábica</i>	4
1.1. Regiões cafeeiras de Quênia.....	7
1.2. Regiões cafeeiras da Colômbia	8
1.3. Regiões cafeeiras da Índia	10
1.4. Regiões cafeeiras do Brasil	11
1.5. Fisiologia do crescimento	12
2. Aspectos morfológicos	16
3. Indução e diferenciação de gemas reprodutivas ..	21
3.1. Fotoperíodo	23
3.2. Temperatura	28
3.3. Balanço hídrico	31
3.4. Crescimento vegetativo e diferenciação de pri mórdios florais	34
3.5. Produção e diferenciação de gemas reprodutivas	35
3.6. Nível de carboidratos e nutrientes	39
3.7. Relações hormonais	40
4. Dormência e antese das gemas florais	43
4.1. Características e influência de fatores ambi entais	43
4.2. Relações hormonais	49
5. Frutificação e maturação dos frutos	53
III. MATERIAL E MÉTODOS	58
1. Material vegetal	58

2. Estudo histológico sobre a diferenciação de gemas reprodutivas em <i>C. arabica</i> cv. Catuai Vermelho	58
3. Estudo sobre o crescimento e desenvolvimento das gemas reprodutivas em 1980, 1981 e 1982	61
3.1. Observações de laboratório	61
3.2. Observações de campo	62
4. Observações sobre o período de florescimento em 1980, 1981 e 1982	67
5. Maturação dos frutos de <i>Coffea arabica</i> em 1981, 1982 e 1983	67
6. Aplicação de fitorreguladores sobre gemas reprodutivas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuai Vermelho em 1981 e 1982	68
6.1. Tratamentos	70
6.1.a. Ano de 1981	70
6.1.b. Ano de 1982	71
6.2. Avaliação dos Tratamentos	71
IV. RESULTADOS	73
1. Observações morfológicas sobre as gemas axilares de ramos plagiotrópicos de <i>Coffea arabica</i>	73
2. Estudo histológico sobre a diferenciação de gemas reprodutivas em <i>Coffea arabica</i>	81
3. Crescimento das gemas reprodutivas em 1980, 1981 e 1982	86
3.1. Cultivar Catuai Vermelho	86

3.2. Cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bour <u>bon</u> Amarelo	94
4. Desenvolvimento das gemas reprodutivas em 1980, 1981 e 1982	97
4.1. Cultivar Catuai Vermelho	97
4.2. Estudo comparativo dos cultivares Catuai Ver <u>melho</u> , Mundo Novo e Bourbon Amarelo	102
4.3. Transformação probítica dos dados	109
5. Observações sobre o florescimento de <i>Coffea arabica</i> em 1980, 1981 e 1982	112
5.1. Florescimento do cv. Catuai Vermelho em 1980	112
5.2. Florescimento dos cultivares Catuai Vermelho, Bourbon Amarelo e Nacional em 1981	116
5.2.1. Cultivar Catuai Vermelho	116
5.2.2. Cultivar Bourbon Amarelo	120
5.2.3. Florada principal em plantas dos cul <u>tivares</u> Catuai Vermelho, Bourbon <u>A</u> marelo, Arabica e Mundo Novo	120
5.3. Florescimento dos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo em 1982	124
5.3.1. Cultivar Catuai Vermelho	124
5.3.2. Cultivar Bourbon Amarelo	128
6. Maturação dos frutos de <i>Coffea arabica</i> em 1981, 1982 e 1983	131
6.1. Cultivar Catuai Vermelho	131
6.1.1. Maturação dos frutos das 4 floradas de 1980	131
6.1.2. Maturação dos frutos da florada prin <u>ci</u> pal de 1980, 1981 e 1982	135

6.2. Maturação dos frutos da florada principal de 1981 nos cultivares Arabica , Bourbon Amarelo e Mundo Novo	138
7. Efeito de fitorreguladores exógenos sobre as gemas reprodutivas de <i>Coffea arabica</i> L. cv. Catuai Vermelho	142
7.1. Experimentos de 1981	142
7.1.a. Época I (14/7, 22/7 e 28/7/81)	142
7.1.b. Época II (20/8, 28/8 e 4/9/81)	150
7.2. Experimentos de 1982	156
7.2.a. Época I (20, 22 e 27/5/82)	156
7.2.b. Época II (29 e 30/6, 1/7/82)	162
7.2.c. Época III (3/9/82)	168
7.2.d. Época IV (17/9/82)	173
V. DISCUSSÃO	175
1. Indução de gemas florais em <i>Coffea arabica</i> L. cv. Catuai Vermelho	175
2. Diferenciação e crescimento de gemas reprodutivas em <i>Coffea arabica</i> L.	185
3. Florescimento de <i>Coffea arabica</i> L. em 1980, 1981 e 1982	195
4. Maturação dos frutos em <i>Coffea arabica</i> L.	201
5. Efeito de fitorreguladores exógenos sobre as gemas reprodutivas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuai Vermelho	207
VI. CONCLUSÕES	215
VII. RESUMO	219
VIII. REFERÊNCIAS	222

1. INTRODUÇÃO

Apesar da importância do processo de formação das gemas florais para a produção econômica do cafeeiro, ainda são escassos e limitados os conhecimentos sobre o assunto. As informações sobre a participação de fatores ambientais e endógenos no controle da indução e diferenciação das estruturas reprodutivas são controvertidas. De modo geral, a literatura existente caracteriza-se pela descontinuidade das pesquisas, pela predominância de dados descritivos e muitas vezes pouco precisos e pelo restrito número de estudos realizados em condições controladas. Em parte, esta situação pode ser atribuída às dificuldades encontradas para se estudar plantas perenes tropicais, seja pelo crescimento lento, seja pelas restrições ao porte das plantas após uma certa idade ou mesmo pela limitação de recursos para as pesquisas básicas em regiões tropicais e subtropicais.

Estudos sobre o processo de florescimento em *Coffea a*
rabica se fazem necessários para ampliar conhecimentos científi
cos básicos, os quais poderão contribuir para a solução de vã
rios problemas que a cafeicultura enfrenta, especialmente em
regiões de cultivo não tradicionais. Dentre estes problemas, po
demos destacar (1) as anomalias florais, (2) a desuniformidade
de maturação dos frutos e (3) a produção bienal. No primeiro ca
so, os prejuízos à produção dependem do grau de incidência das
atrofias florais, pois não se conhecem as causas ou mesmo for
mas empíricas de se controlar as anomalias florais. A desunifor
midade de maturação está relacionada com a assincronia de dife
renciação e antese dos botões florais e é particularmente impor
tante porque constitui um fator de depreciação do tipo e da qua

lidade da bebida (colheita de frutos verdes, maduros e secos) . A produção bienal pode ser considerada um distúrbio fisiológico parcialmente resultante da excessiva demanda nutricional que os frutos impõem à estrutura vegetativa. SYLVAIN (1959) sugeriu que distúrbios fisiológicos como a seca dos ponteiros e a produção bienal ocorrem quando há um desequilíbrio entre a quantidade de frutos e as partes vegetativas que os sustentam. Talvez estes problemas possam ser adequadamente equacionados através de alterações introduzidas durante a formação das gemas florais.

O presente trabalho teve os seguintes objetivos principais:

- (a) Estudar o processo de indução e diferenciação das gemas reprodutivas de *Coffea arabica*, nas condições normais de cultivo em Campinas, através da análise histológica de cortes seriados de gemas coletadas quinzenalmente.
- (b) Elaborar uma curva de crescimento das gemas reprodutivas desde a indução até a antese, determinando assim, com exatidão, os períodos de crescimento e quiescência das gemas reprodutivas no café.
- (c) Realizar observações sobre a época de abertura de flores e maturação dos frutos para se avaliar a contribuição relativa de cada florada, bem como a relação existente entre as épocas de antese e as épocas de frutos maduros.

- (d) Efetuar avaliações preliminares sobre o efeito de fitorreguladores exógenos aplicados sobre as gemas reprodutivas de *Coffea arabica*.

II. REVISÃO DE LITERATURA

1. Crescimento e florescimento em *C. arabica*

A espécie *Coffea arabica* é cultivada nos trópicos desde 22°N (Cuba) até 26°S (Paraná-Brasil), em condições e dafoclimáticas diversificadas (MAESTRI e BARROS, 1977). O controle do crescimento e florescimento é atribuído ao fator climático de maior amplitude de variação, em cada região, durante o ciclo anual. A distribuição sazonal das chuvas, as oscilações de temperatura e a variação fotoperiódica se configuram como os fatores mais importantes, segundo MAESTRI e BARROS (1977). Nas regiões não equatoriais o crescimento é lento durante a estação seca, fria e de dias curtos (outono e inverno). Nesta estação é que se dá a diferenciação e crescimento das gemas florais. Durante a primavera, caracterizada pelo alongamento dos dias, pelo aumento da temperatura e início do período chuvoso, as plantas florescem e assumem um novo ciclo de crescimento vegetativo intenso. Nas regiões equatoriais, os deslocamentos da Linha Intertropical de Convergência (ITC) originam duas estações chuvosas, cada qual associada a "flushes" de crescimento e florescimento (CANNELL, 1975; TROJER, 1956).

Em sua região de origem, a floresta tropical da Etiópia (7-9°N), *C. arabica* cresce entre 1000-2000m de altitude, onde a precipitação anual é de 1500-2000mm, tendo distribuição sazonal definida. A estação seca pode durar 3 a 4 meses (ALÉGRE, 1959). Neste ambiente, as chuvas e os fatores que afetam o balanço hídrico, mais do que as alterações na temperatura, constituem as principais limitações para crescimento do cafeeiro. A influência do regime hídrico se expressa com grande nitidez no

padrão de florescimento de *C. arabica* (ALVIM, 1973).

A estreita faixa de temperatura favorável ao desempenho das atividades vegetativas e reprodutivas de *Coffea arabica*, entretanto, parece ser um dos principais obstáculos para a expansão do seu cultivo (ALÈGRE, 1959; SONDAHL e SHARP, 1979). Abaixo de 16°C o crescimento vegetativo não é satisfatório e temperaturas inferiores a 12°C , por períodos prolongados, paralizam completamente as atividades vegetativas. Temperaturas médias superiores a 23°C também prejudicam o crescimento e a produção. Em regiões equatoriais (Quênia, Tanzânia e Colômbia), o plantio do cafeeiro arábica só é praticado em altitudes superiores a 1000m, onde as temperaturas são mais amenas (ALÈGRE, 1959). A faixa térmica considerada satisfatória ao cultivo do café arábica situa-se entre 18° e 23°C . As condições ótimas estão entre 19° e 21°C (ALÈGRE, 1959; CAMARGO, 1977). Existem evidências de que cultivares mais recentes apresentam melhor adaptação a temperaturas elevadas, devido à seleção em regiões mais baixas (500-600m), em campos experimentais não sombreados (A. CARVALHO, informação pessoal).

KUMAR e TIEZEN (1980a), trabalhando com plântulas de 15 meses de idade, em casa de vegetação e nas condições naturais de Quênia, encontraram baixas condutâncias dos estômatos a baixo de 15°C . A abertura estomática máxima foi observada a 25°C , permanecendo relativamente constante até 35°C . Não obstante, foram registrados decréscimos progressivos nas taxas fotossintéticas em temperaturas superiores a 25°C , o que foi atribuído à diminuição da condutância do mesófilo. NUNES et al. (1968) observaram que acima de 24°C , cada aumento de um grau na temperatura produzia uma redução de aproximadamente 10% na fotossíntese líquida.

FRANCO (1982a) cultivou, durante 6 meses, plântulas de *C. arabica* cv. Catuai em solução nutritiva, mantendo a temperatura de diferentes recipientes constante nos seguintes valores: 27°, 29°, 30°, 31°, 32° e 33°C. Em trabalho prévio, já havia sido demonstrado que o sistema radicular do cafeeiro é bastante sensível a variações de temperatura, tendo-se obtido melhor desenvolvimento entre 23° e 28°C (FRANCO, 1958). O acréscimo de 1°C na temperatura das raízes, na faixa de 29° a 33°C, resultou em pronunciado decréscimo no crescimento das plantas. As raízes foram mais prejudicadas do que a parte aérea. Em outro experimento, FRANCO (1982b) simulou as variações normais de temperatura durante as 24 horas do dia em solos contidos em vasos de barro termicamente isolados. As temperaturas do solo foram reguladas para 23° - 23°C, 33 - 33°C, 23° - 33°C e 23° - 38°C (temperaturas diurna e noturna, respectivamente). O crescimento das plantas dos tratamentos 33° - 33°C e 23° - 38°C foi mínimo nos três últimos meses do experimento. As temperaturas elevadas de até 33°C, mesmo por poucas horas, ocasionaram uma redução de 16% no peso das plantas em relação àquelas mantidas na temperatura ótima - 23°C (constante). Nestes estudos, foram encontradas evidências de que a diminuição do crescimento de cafeeiros submetidos a temperaturas supraótimas parece ser consequência da inibição da translocação de fósforo das raízes para as partes aéreas, pois houve acúmulo de fósforo em raízes mantidas sob temperaturas elevadas (FRANCO, 1982a, 1982b).

1.1 Regiões cafeeiras de Quênia

Em Quênia (Ruiru 01°08'S), onde a variação fotoperiódica anual é da ordem de alguns minutos (12h 02 min - 12h 09min, CANNEL, 1972), os ciclos de crescimento vegetativo e reprodutivo mostram estreita relação com a distribuição das chuvas. Naquela região, existem duas estações chuvosas alternadas com duas estações secas (RAYNER, 1946; WORMER e GITUANJA, 1970a).

Os períodos de crescimento vegetativo máximo assim como as floradas mais expressivas coincidem com o fim das estações secas e início das chuvas. De acordo com as observações de RAYNER (1946) e com resultados de medidas de crescimento efetuados por BROWNING (1975), o período de crescimento mais importante é o que ocorre logo após a estação seca e quente. CANNELL (1971b) encontrou uma renovação de 61% de área foliar total, em plantas de 3 anos e meio de idade, após o "flushing" de crescimento observado em 1967.

WORMER e GITUANJA (1970a) relataram a existência de dois padrões de florescimento distintos nas principais regiões cafeeiras de Quênia. A oeste do Great Rift Valley, o florescimento de maior magnitude ocorre em fevereiro-março e o outro, de menor importância, é registrado em outubro-novembro. Na região leste deste vale, o ritmo de florescimento é o mesmo, podendo, entretanto, ser invertido (floradas intensas em outubro - novembro). Plantações vizinhas e cafeeiros cultivados num mesmo campo podem apresentar ritmos de florescimento diferentes. WORMER e GITUANJA concluíram que a manutenção de um dado padrão de florescimento, nas condições de Quênia, não pode ser separada das condições intrínsecas das plantas (idade, estado nutricional e produção). Ape

sar da ocorrência de floradas principais, WORMER e GITUANJA (1970a) destacaram que a iniciação de gemas florais e pequenas floradas podem ocorrer em qualquer época do ano.

1.2 Regiões cafeeiras da Colombia

Na Colombia, existem duas épocas de florescimento e colheita que estão relacionadas a diferentes zonas climáticas. Na região Norte da Colombia (como na América Central), os cafeeiros florescem no início do ano (fevereiro a junho) e a colheita principal se dá entre os meses de outubro e janeiro. Há um período seco bem caracterizado (dezembro a abril) e um período chuvoso no restante do ano, com uma pequena interrupção em julho. No sul, há um período seco entre julho e setembro seguido por uma estação chuvosa. O florescimento ocorre no segundo semestre, após o início da estação chuvosa (outubro-dezembro), e o café é colhido de abril a julho. Entre as duas áreas geográficas extremas existe uma região intermediária (lat. 2° a 8° N) cuja periodicidade climática - dois períodos chuvosos alternados com épocas secas - resulta em uma colheita principal e uma colheita secundária, denominada mitaca (TROJER, 1968). A época de ocorrência da colheita principal assim como os dados referentes ao ciclo vegetativo do cafeeiro permitiram identificar uma linha geográfica bem definida que separa o padrão fenológico do norte e do sul, denominada equador fenológico. O equador fenológico, que cruza a Colombia de leste a oeste entre as latitudes 4° a 6° N, coincide com o equador climático (TROJER, 1954, 1968). Segundo TROJER (1968) o percentual equivalente a 5,5% da precipitação anual (que varia entre 1000 a 3000m nas regiões cafeeiras) é crítico para o estabelecimento dos ciclos vegetativos e reprodutivos do cafeeiro.

Na região de Chinchiná (5°N), o crescimento vegetativo mais importante inicia-se pouco após o ponto culminante da estação seca (fevereiro a abril) sendo mais rápido na transição para o primeiro inverno e diminuindo em pleno inverno (estação chuvosa; abril-junho). Uma época de crescimento menos pronunciada é identificada na transição para o segundo inverno, de setembro-outubro (TROJER, 1956). As floradas mais significativas coincidem com a época de crescimento vegetativo máximo (TROJER, 1956; JARAMILLO & VALENCIA, 1980).

GOMEZ (1977) e JARAMILLO & VALENCIA (1980), em Chinchiná (5°N), não conseguiram relacionar a quantidade de precipitação ao ciclo anual do cafeeiro. De acordo com GOMEZ (1977), o comprimento do dia, a precipitação e a temperatura média variam muito pouco durante o ano, não havendo portanto condições limitantes para o desenvolvimento do cafeeiro na região. JARAMILLO e VALENCIA (1980) concluíram que o comportamento dos cafeeiros, em Chinchiná, está condicionado aos elementos do clima estreitamente associados à radiação solar. TROJER (1956) já havia sugerido que a relação entre a precipitação e o brilho solar (coeficiente P/B) seria o melhor parâmetro para a definição de zonas climáticas para o cafeeiro. O autor estudou a relação entre as variações do coeficiente P/B e a distribuição anual das fases fenológicas do cafeeiro.

A maior ocorrência de flores nos meses iniciais do ano, em Chinchiná, foi atribuída ao déficit hídrico sofrido pelas plantas em decorrência da elevada demanda evaporativa do ar. Não existiram limitações quanto à disponibilidade de água no solo naquele período (JARAMILLO & VALENCIA, 1980).

1.3 Regiões cafeeiras da Índia

O ciclo do cafeeiro, nas condições naturais do sul da Índia ($13^{\circ}22'N$) foi descrito detalhadamente por MAYNE (1944, citado por RAYNER, 1946). por GOPAL e VISHVESHWARA (1971) e por VASUDEVA & RAMAIAH (1979). O crescimento mínimo foi observado durante o período seco entre os meses de dezembro a março. O crescimento recomeçou antes da queda das primeiras chuvas, possivelmente, em decorrência da elevação da temperatura no período final da seca (VASUDEVA e RAMAIAH, 1979). Após o início das chuvas, ocorreram as principais floradas e o começo de um período de acelerado crescimento vegetativo. Houve acentuado declínio do crescimento entre os meses de junho a julho, época marcada por chuvas torrenciais e grande nebulosidade (monção sudoeste). RAYNER (1946) sugeriu que a lixivação de nitratos do solo poderia ser a causa da redução do crescimento. Entretanto, diversas tentativas de adubação nitrogenada, relatadas por SYLVAIN (1958), não foram capazes de impedir a redução do crescimento em circunstâncias semelhantes, na Costa Rica. O mais provável é que haja diminuição da atividade das raízes devido à aeração insuficiente nos solos com excesso de água. A limitação do crescimento também pode estar associada à insuficiência de energia luminosa para a produção primária já que o céu permaneceu predominantemente encoberto nesta época. Terminada a monção de sudoeste, o período de crescimento se estendeu até outubro-novembro. VASUDEVA & RAMAIAH (1979) observaram que o período de crescimento mais importante diferiu entre os dois cultivares estudados. No cultivar S 795 o crescimento foi mais pronunciado no segundo semestre.

1.4 Regiões do Brasil

No Brasil, quase todas as áreas cafeeiras situam-se ao sul do paralelo 20°S , em região subtropical. Essa condição resulta num ciclo térmico anual definido. Os cafeeiros exibem ciclo fenológico bem caracterizado: florescimento na primavera, frutificação no verão, maturação no outono e "repouso" no inverno (CAMARGO, 1977).

Nas investigações realizadas por BARROS e MAESTRI (1972), em Viçosa ($22^{\circ}45'\text{S}$), a prática da irrigação não alterou o padrão e as taxas de crescimento dos cafeeiros durante a estação seca, levando-os a concluir que a disponibilidade de água não é o fator determinante da redução progressiva do crescimento durante a estação mais seca e fria do ano (abril a setembro). O período de crescimento vegetativo intenso ocorreu na estação úmida e quente, coincidindo com os dias mais longos do ano (outubro a março). Os autores consideraram o fotoperíodo e a variação anual da temperatura como sendo os fatores mais importantes na determinação da periodicidade de crescimento de *C. arabica*. Todavia, eles não analisaram as alterações da demanda evaporativa do ar, elemento reconhecidamente essencial para o estabelecimento do balanço de água do cafeeiro (BOYER, 1969; BROWNING, 1975; BROWNING & FISHER, 1975).

Como é de observação corrente, as floradas mais importantes, nas regiões cafeeiras tradicionais do Brasil, ocorrem 8 a 12 dias após as primeiras chuvas substanciais que marcam o término da estação seca (setembro-outubro). A colheita é efetuada entre os meses de maio a junho.

1.5 Fisiologia do crescimento

A absorção e distribuição de nutrientes (CARVAJAL, 1969; CANNELL e KIMEU, 1971) bem como a produção e distribuição de matéria seca no cafeeiro arábica (CANNELL, 1971b; CANNELL e HUXLEY, 1969; CLOWES e WILSON, 1977) mostraram-se intensamente influenciadas pelas variações climáticas sazonais e pela presença de flores e frutos.

CANNELL (1971b), em Quênia, demonstrou que os ápices vegetativos constituem os sítios de demanda dominantes, durante a fase de intenso crescimento posterior à estação seca e quente. As raízes finas ($< 3\text{mm}$), principais responsáveis pela absorção do cafeeiro, acumularam matéria seca mais rapidamente durante a estação seca e fria. Os frutos, entretanto, demonstraram ser um sítio de mobilização de metabólitos mais eficiente do que as partes vegetativas (CANNELL e HUXLEY, 1969; CANNELL, 1971b).

O decréscimo do crescimento das partes vegetativas em plantas com produção elevada parece ocorrer em função dos seguintes eventos: 1) consumo das reservas de carboidratos das partes lenhosas; 2) restrição do suprimento de metabólitos para as regiões de crescimento (ápices, folhas jovens e raízes) e 3) morte das radículas ativas na absorção em função da competição por carboidratos e nutrientes (CANNELL, 1971b).

Experimentalmente, foi demonstrado que a periodicidade de crescimento e florescimento do cafeeiro não podem ser alteradas pela magnitude da produção (WORMER e GITUANJA, 1970b, Quênia) pelo sombreamento (SYLVAIN, 1958, Costa Rica; CASTILLO e LOPEZ, 1966, Colombia), pela umidade do solo (SYLVAIN, 1958;

BOYER, 1969, Costa do Marfim; WORMER e GITUANJA, 1970b; BROWNING, 1975, Quênia) e pela adubação nitrogenada em diferentes épocas (SYLVAIN, 1958). Entretanto, os fatores mencionados influenciaram quantitativamente o florescimento e o crescimento do cafeeiro. A época de poda dos cafeeiros foi responsável pela alteração do ciclo de florescimento nas condições de Quênia (WORMER e GITUANJA, 1970a e 1970b).

A ocorrência simultânea de intenso crescimento e de floradas de grande envergadura sugere que os dois eventos são acionados pelos mesmos fatores ambientais. Todavia, BROWNING (1975) encontrou evidências de que, a nível endógeno, os dois processos são controlados por mecanismos distintos. Foram aplicadas soluções de GA_3 (0, 1, 10, 10^2 e $10^3 \mu g \ 10 \mu l^{-1}$), em microgotas, nos ápices vegetativos. Verificou-se que o GA_3 não foi capaz de romper as restrições ao crescimento impostas pelos déficit hídrico na estação seca e quente. De modo oposto, a aplicação de GA_3 sobre gemas florais dormentes promoveu a retomada do crescimento e a antese mesmo em condições de seca (ALVIM, 1958, 1960b; BROWNING, 1971, 1977). Particularmente relevante foi a constatação de que a sensibilidade dos ápices vegetativos ao GA_3 , após a recuperação do estado de hidratação, mostrou correlação direta com nível de estresse de água experimentado anteriormente (BROWNING, 1975). A mesma tendência foi observada quanto à antese das gemas florais em resposta a aplicações de GA_3 (ALVIM, 1958, 1960b; BROWNING, 1977).

O cafeeiro arábica parece apresentar uma notável adaptação a condições temporárias de seca pois o estresse hídrico severo estimula uma atividade fisiológica compensatória após o restabelecimento das condições favoráveis ao crescimento

(BROWNING e FISHER, 1975; KUMAR, 1979a). Este atributo se expressou não só nas intensas taxas de crescimento como também na maior abertura dos estômatos durante o dia, ao compararem-se plantas submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico, ou seja, plantas irrigadas e não irrigadas durante a estação seca e quente (BROWNING e FISHER, 1975). O comportamento distinto entre os dois grupos de plantas, na opinião de BROWNING e FISHER, deve ser consequência de diferenças na resistência das raízes à absorção de água. Foi sugerida a hipótese de que o ácido abscísico (ABA) deva estar envolvido na diferenciação da condutividade hidráulica entre plantas irrigadas e não irrigadas.

O aumento da concentração endógena do ABA em condições de déficit hídrico tem sido encontrado em vários estudos (VAADIA, 1976; SALISBURY e ROSS, 1978; KUMAR, 1979b). O envolvimento do ABA na modificação da sensibilidade de resposta às chuvas e ao GA_3 , em plantas mantidas sob diferentes déficits hídricos, é um aspecto que precisa ser investigado em cafeeiros, pois a seca exerce um papel fundamental na sincronização do crescimento vegetativo e do florescimento nas espécies *C. arabica* e *C. canephora*.

KUMAR (1979b) acredita que os "flushes" de crescimento, em Quênia, estejam associados ao acúmulo de amido e nutrientes no lenho durante os meses quentes e secos. Assim, os cafeeiros cresceriam ao início da estação chuvosa devido à mobilização das abundantes reservas existentes nos tecidos lenhosos. Para consubstanciar a hipótese de que os cafeeiros realizam normalmente as suas atividades metabólicas durante a estação seca e quente, KUMAR (1979b) baseou-se nos resultados de KUMAR e TIEZEN (1980b) os quais demonstraram que as folhas do cafeeiro

realizam a fotossíntese, com apenas 25% de redução, entre -10 e -20 bars. Somente abaixo de -20 bars a fotossíntese mostrou-se drasticamente diminuída. Acrescentou ainda que a absorção de nutrientes se processa sem alterações relevantes até 50% da capacidade de campo.

Diversos pesquisadores consideram que o balanço hídrico exerce um papel primordial no controle do ciclo de crescimento vegetativo e reprodutivo de *C. arabica* (ALVIM, 1973; BROWNING, 1977 e KUMAR, 1979b). Eles apresentam como principal argumento as características da região de origem do cafeeiro, já descritas anteriormente.

Investigações em condições controladas com plantas adultas e a quantificação adequada das respostas fisiolôgicas do cafeeiro, em condições de campo e de laboratório, em função de variações da temperatura, fotoperíodo e estresse de água são ainda necessárias para o esclarecimento do comportamento do cafeeiro nas diferentes regiões cafeeiras do mundo.

Os conhecimentos atuais não permitem ainda generalizações amplas sobre o funcionamento integrado dos diversos processos fisiológicos do cafeeiro. Provavelmente, muitas das informações são válidas apenas para as regiões estudadas, sendo que, em muitos casos, as condições em que os dados foram obtidos não são precisamente descritas. Duas dificuldades adicionais surgem ao se considerar que as variedades utilizadas (germoplasma) assim como o tipo de condução das culturas (sombreamento, espaçamento, podas, colheitas, adubação, condições físicas do solo) diferem de região para região.

2. Aspectos morfológicos

O cafeeiro caracteriza-se pelo dimorfismo dos ramos, os quais são classificados como (1) ortotrôpicos - crescimento vertical e simetria radial. (2) plagiotrôpicos ou laterais - crescimento horizontal ou oblíquo, com simetria bilateral, constituindo os ramos frutíferos (CARVALHO et al., 1950 e MOENS, 1963).

MOENS (1963) efetuou investigações detalhadas sobre a ontogênese, morfogênese e desenvolvimento das gemas axilares situadas nos ramos ortotrôpicos e plagiotrôpicos de *Coffea canephora* Pierre, a partir do estágio cotiledonar, mostrando que a morfologia geral do cafeeiro depende do comportamento destas gemas.

Dois tipos de gemas axilares são encontradas em ramos ortotrôpicos de *C. arabica* e *C. canephora* - as gemas "cabeça-de-série" e as "gemas seriadas" que diferem, essencialmente, quanto às estruturas que originam. As gemas "cabeça-de-série" dão origem aos ramos plagiotrôpicos, podendo, excepcionalmente, desenvolverem-se em inflorescências (MOENS, 1963).

As gemas "cabeça-de-série" situadas sobre o eixo principal de *C. arabica* L., somente aparecem nas axilas do 8º ao 11º par de folhas de plantas jovens. Certas combinações genéticas de *C. arabica* podem apresentar os primeiros ramos plagiotrôpicos a partir do trigésimo terceiro par de folhas, ou seja, a juvenilidade para os ramos plagiotrôpicos pode ser parcialmente influenciada pelo genótipo.

Em *C. canephora* Pierre, a formação das gemas "cabeça-de-série" se dá entre o 5º e 10º par de folhas do eixo prin

cipal. Demonstrou-se que as gemas "cabeça-de-série" se formam nas axilas foliares, antes das gemas seriadas, e que a sua posição extra-axilar é adquirida secundariamente (MOENS, 1963). Nos ramos plagiotrópicos de *C. canephora* as gemas "cabeça-de-série" são comumente encontradas, apesar de não ocorrerem em todos os nós. Em cafeeiros arábica cultivados em Quênia, a ocorrência de gemas "cabeça-de-série" em ramos laterais é extremamente rara (WORMER e GITUANJA, 1970b).

Existem 4-5 gemas seriadas nas axilas de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos de *C. canephora* (MOENS, 1963) e *C. arabica* (WORMER e GITUANJA, 1970a, 1970b). As gemas axilares situadas em ramos ortotrópicos dão origem a ramos ortotrópicos de substituição. Nos ramos plagiotrópicos de *C. canephora* e *C. arabi*ca as gemas seriadas podem formar ramos plagiotrópicos de ordem superior ou inflorescências ou, então, permanecerem indiferenciadas (CARVALHO et al. 1950, MOENS, 1963).

Vários procedimentos experimentais indicaram que o destino plagiotrópico das gemas "cabeça-de-série" bem como das gemas axilares de ramos plagiotrópicos é um caráter irreversível. Da mesma forma, as gemas seriadas de ramos ortotrópicos formam, somente, novos ramos ortotrópicos (CARVALHO et al. 1950, MOENS, 1963).

MOENS (1963) determinou que as gemas seriadas com comprimento inferior a 300µm são indiferenciadas, podendo evoluir em ramos plagiotrópicos de ordem superior ou em inflorescências. A permanência de gemas seriadas na condição indiferenciada, ou o desenvolvimento alternativo em inflorescências, ou a formação de ramos laterais, parecem estar condicionadas a fatores climáticos e fisiológicos (MOENS, 1962; KUMAR, 1982) e, em última instância,

às práticas culturais empregadas (MOENS, 1962).

Há uma estreita correlação entre a organografia do nô e a anatomia das gemas axilares desenvolvendo-se reprodutivamente, permitindo um reconhecimento rápido e preciso do estado de diferenciação histológico das gemas induzidas (MOENS, 1962).

MOENS (1963) definiu, a nível histológico, as diferenças entre gemas axilares vegetativas e gemas induzidas. Em cortes axiais longitudinais, os ápices de gemas vegetativas têm o formato de um cone mais ou menos estreito, estando envolvido por folhas e estípulas jovens. Quando a gema evolui reprodutivamente, as células centrais e laterais do "corpo" sofrem repetidas divisões periclinais. As divisões periclinais e anticlinais localizadas resultam no alargamento e elevação do domo apical. O processo torna-se irreversível quando os ápices das gemas induzi^{das} assumem um aspecto tipicamente tabular. Logo a seguir, identificam-se dois centros laterais de intensa atividade meristemática que dão origem aos primórdios do segundo par de abrãcteas ("Collarin bracteal", MOENS, 1968).

WORMER e GITUANJA (1970a) relataram que, em Quênia, as gemas seriadas induzidas podem apresentar três períodos de quiescência até a época de antese. O primeiro período de quiescência ocorre imediatamente após a diferenciação. No segundo período de quiescência, as gemas já se encontram bastante estumescidas e volumosas, sendo cobertas por uma substância similar a cera. Aqueles autores, todavia, não mencionaram nenhum referencial a respeito das causas ou natureza das paralizações do crescimento. O terceiro período de quiescência ocorre quando os botões florais individuais já se encontram totalmente formados. Esta quiescência tem sido descrito em quase todas as regiões cafe

eiras do mundo (ALVIM, 1973; BROWNING, 1977 e BARROS et al. 1978). Um estímulo ambiental, normalmente as chuvas ou a irrigação que finalizam um período de seca, induz a retomada do crescimento que se completa com a antese após 8 a 12 dias (WORMER e GITUANJA, 1970a).

A estrutura das inflorescências reproduz a organização do sistema de ramificação vegetativa. Os dois pares de brácteas das inflorescências são homólogos às folhas e estípulas ^{terciolares} ~~terciolares~~ dos ramos vegetativos (VAN DER MEULEN, 1939). As inflorescências nascem a partir das gemas seriadas axilares de ramos plagiotrópicos. Cada gema desta série desenvolve-se em um eixo curto que termina em flor. Nestes novos eixos surgem pares de brácteas, também cruzadas, na axila dos quais se formam outras séries descendentes de gemas que podem crescer de forma similar ao eixo materno, e assim sucessivamente. Como os eixos que suportam as flores são sempre muito curtos, a inflorescência em conjunto assume um aspecto compacto. Por esse motivo, as inflorescências de cafeeiros recebem a denominação de "glomérulos". Os primórdios florais aparecem na axila formada pelas brácteas com o eixo da inflorescência sob a forma de estreitas faixas meristemáticas (DEDECCA, 1957). Os estudos morfológicos de VAN DER MEULEN (1939) mostraram que as inflorescências de *C. arabica* e *C. canephora* apresentam o mesmo tipo de organização. Em *C. arabica* até cinco gemas florais (CARVALHO et al., 1969) ou 6 gemas florais (WORMER e GITUANJA, 1970a e 1970b) podem desenvolver-se em cada inflorescência.

A sequência do desenvolvimento ontogenético dos diversos verticilos florais, em *C. arabica*, é semelhante a que normalmente tem sido descrita para inúmeras outras espécies (DE

DECCA; 1957; POPHAM, 1963). Primeiramente, diferenciam-se as sé palas. Em seguida, aparecem os primórdios das pétalas, em posição alternada à das sépalas. Os estames são os próximos órgãos a se diferenciarem e o seu surgimento se dá sob a forma de pequenas projeções no interior do anel formado pelas pétalas e em posição alternada aos primórdios destas. A gema floral gradativamente assume um aspecto contorcido. Finalmente, formam-se os primórdios dos carpelos que se desenvolvem ascendentemente para constituir o estigma e os lobos estigmáticos (DEDECCA, 1957).

A flor do cafeeiro arábica apresenta um cálice rudimentar, formado de cinco pequenos segmentos. A corola é de cor branca, constituída de cinco pétalas unidas entre si até quase a parte mediana, formando um tubo. A parte superior da corola se expande em um limbo formado por cinco segmentos lineares e obtusos. Os estames, em número de cinco, são epipétalos e inserem-se sobre o tubo da corola. Cada estame consiste em um filamento cilíndrico e curto inserido no setor mediano de uma antena bilocular. Uma antera em corte transversal, exhibe quatro sacos polínicos. O gineceu é representado por um ovário ínfero, constituídos de dois carpelos unidos e estilo terminal que se bifurca em dois lobos estigmáticos. O ovário normalmente é bilocular, cada lóculo encerrando um óvulo anátropo. O saco embrio nário é do tipo normal, possuindo oito núcleos (DEDECCA, 1957).

O fruto do cafeeiro é uma drupa que normalmente contém duas sementes. Os frutos maduros têm pericarpo bem desen volvido, podendo distinguir-se três regiões: exocarpo, mesocar po e endocarpo. O exocarpo é representado por uma única camada de células, correspondente à epiderme externa do ovário. O meso carpo é uma região formada por mais de 20 camadas de células pa

renquimatosas ricas em tanino, açúcares, gomas e mucilagens diversas, responsáveis pela consistência suculenta do fruto maduro de *C. arabica* L. var. *typica* Cramer. O endocarpo é constituído por cinco a sete camadas de células menores que, no fruto maduro, formam o pergaminho da semente. As sementes são plano-convexas, elípticas ou ovais, sulcadas longitudinalmente na parte plana. O envoltório da semente, a película prateada, origina-se a partir de um único integumento do óvulo, a primina (perisperma). O endosperma, que constitui quase toda a semente, é de natureza triplóide. O embrião, pequeno e localizado na base da semente, na sua face convexa, é representado por 1 hipocótilo e 2 cotilédones cordiformes (DEDECCA, 1957; CARVALHO et al. 1969 ; KRUG et al., 1939).

3. Indução e diferenciação de gemas reprodutivas

As angiospermas podem ser divididas em dois amplos grupos: no primeiro grupo, as gemas florais se iniciam em resposta a um estímulo específico, tal como o fotoperíodo ou a vernalização; no segundo grupo, o florescimento não é controlado por um fator isolado (JACKSON & SWEET, 1972). Aparentemente, o cafeeiro, assim como a maioria das plantas perenes, situa-se no segundo grupo (BARROS et al., 1978).

Os maiores obstáculos para a elaboração de um quadro coerente sobre o processo de indução e diferenciação das gemas florais do cafeeiro provêm da escassez de experimentos conduzidos em condições controladas. Em parte, este fato resulta das dificuldades práticas encontradas ao se trabalhar com plan

tas parenes em geral, tais como, o porte e o crescimento lento.

A maior parte das informações sobre o processo de florescimento no cafeeiro são oriundas de observações de campo, nem sempre acompanhadas de medidas quantitativas adequadas. Poucos trabalhos delimitam com nitidez as etapas de indução e diferenciação das fases posteriores de desenvolvimento de gemas florais. Estas informações são particularmente importantes porque permitem definir o período em que a diferenciação de gemas reprodutivas é mais intenso, e conseqüentemente inferir sobre os fatores ambientais envolvidos na indução reprodutiva e no crescimento das inflorescências.

Os estudos mais detalhados sobre o assunto foram realizados por MOENS (1962), no Zaire (Yagambi - $0^{\circ}49'N$), com *C. canephora* Pierre e por WORMER e GITUANJA (1970a, 1970b), em Quênia (Ruiru - $1^{\circ}08'S$), utilizando *C. arabica*, ambos em condições de campo.

Até o momento, a análise histológica de gemas axilares constitui o método mais eficaz para se avaliar a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva (MOENS, 1963; BARROS et al., 1978). BOYER (1969) encontrou uma nítida elevação na atividade da catalase em tecidos foliares de *C. canephora* durante a iniciação das gemas reprodutivas, sugerindo o emprego desta metodologia pela sua confiabilidade, simplicidade e rapidez de realização. Entretanto, urge saber se tais flutuações na atividade da catalase são inequivocamente associadas à indução do florescimento. Possivelmente, outros estados fisiológicos poderiam promover alterações no "pool" da catalase.

Na presente revisão, procurou-se analisar as in formações disponíveis sobre a influência de fatores ambientais (fotoperíodo, temperatura e água), e de atributos endógenos (crescimento vegetativo, produção, estado nutricional e reguladores de crescimento) sobre a indução, diferenciação e desenvolvimento das gemas florais do cafeeiro.

3.1 Fotoperíodo

Três estudos clássicos, conduzidos em casa de vegetação, demonstraram que a formação de gemas reprodutivas em plantas jovens de *C. arabica* cv. Bourbon é induzida por dias curtos (FRANCO, 1940; PIRINGER & BORTHWICK, 1955; WENT, 1957).

O fotoperíodo crítico para a iniciação dos primórdios florais foi estimado entre 13-14 horas por PIRINGER & BORTHWICK (1955). A diferenciação de gemas florais mostrou-se mais precoce e abundante quando o comprimento do dia foi reduzido de 12 horas para 8 horas (PIRINGER & BORTHWICK, 1955). WENT (1957) sugeriu que, sob as condições naturais de iluminação de Pasadena (34°N), o fotoperíodo crítico parecia ser de 12 horas ou menos, pois as gemas florais já se mostravam visíveis no final do mês de novembro.

Em Ruiru (1°8'S), CANNELL (1972) submeteu plantas adultas de *C. arabica*, em condições de campo, a vários tratamentos fotoperiódicos: prolongamento de fotoperíodo (ca. 16 horas), fotoperíodos naturais (ca. 12 horas) e interrupções noturnas de 3 horas ou 15 minutos. Os cafeeiros tenderam a comportar-se como plantas de dias curtos mas as diferenças, quanto ao florescimento e o crescimento vegetativo, entre controles e tratamentos fo

ram apenas quantitativas. CANNELL concluiu que plantas adultas de *C. arabica* são pouco sensíveis ao fotoperíodo. A possibilidade de haver alterações na sensibilidade fotoperiódica ao longo do desenvolvimento ontogenético do cafeeiro foi discutida por BARROS et al. (1978).

CANNELL (1972) também considerou que as respostas dos cafeeiros às variações do comprimento do dia podem ser alteradas pela temperatura em áreas não equatoriais, tais como Turrialba (10°N). Nesta região apesar de não existir periodicidade definida na distribuição das chuvas e temperaturas a maior parte dos cafeeiros floresce abundantemente na primavera, de maneira similar às plantas cultivadas em latitudes mais altas. O autor não acredita que cafeeiros sejam capazes de responder a flutuações fotoperiódicas anuais de apenas 1 hora e 10 minutos, como em Turrialba. Muitas plantas tropicais, entretanto, são capazes de detectar variações no comprimento do dia entre 5° e 15° de latitude (SALISBURY & ROSS, 1978). Cabe ressaltar que a região de origem de *C. arabica* situa-se entre 7° e 9° de latitude Norte (ALÉGRE, 1959).

Em diversas espécies anuais (ZEEVAART, 1976; SALISBURY & ROSS, 1976) e perenes (JACKSON & SWEET, 1972) as exigências fotoperiódicas para o florescimento são alteradas ou mesmo desaparecem quando as plantas são mantidas em temperaturas infra ou supra-ótimas. A indução floral em *Vicia graminea*, por exemplo, necessita de dias longos. Todavia o fotoperíodo torna-se irrelevante abaixo de 14°C de temperatura (LABOURIAU, 1969).

As investigações de TROJER (1954 ; 1968), na Colômbia, mostraram que até o limite de $5-6^{\circ}$ de latitude Norte o florescimento dos cafeeiros é regulado pelo ciclo anual das chu

vas, coincidindo portanto com o padrão de florescimento do hemisfério sul. Acima do equador fenológico ($4-6^{\circ}\text{N}$) as principais floradas ocorrem em fevereiro-abril, obedecendo ao padrão anual do hemisfério norte. Estas informações sugerem que as flutuações fotoperiódicas controlariam a indução de gemas florais em *C. arabica*, em latitudes superiores a 6°N .

CAMARGO (1983) relatou que em várias regiões cafeeiras do nordeste brasileiro (7 a 10°S), a produção de *C. arabica* é extremamente reduzida porque o florescimento e a frutificação ocorrem durante a estação seca (setembro a março). A disponibilidade de água é um fator crítico principalmente, durante a fase de expansão dos frutos (WORMER & NIUNGUNA, 1966; CANNELL, 1971a). Apesar da distribuição pluvial ser justamente oposta àquela que vigora nas principais regiões cafeeiras do Brasil - situadas abaixo do paralelo 20°S - a época de florescimento é a mesma (agosto a novembro). No nordeste do Brasil, a florada é promovida por uma eventual chuva de trovoada (chuva do cajú, CAMARGO, 1983). O autor caracterizou portanto, a existência de uma assincronia entre o ciclo fotoperiódico e o ciclo hidropériódico, sugerindo que o problema poderia ser superado através do plantio da variedade semperflorens de *C. arabica*, insensível ao fotoperíodo e capaz de florescer e frutificar na época úmida (março a agosto).

Os dados experimentais obtidos por MONACO et al. (1978), em condições de viveiro, acrescentaram novas questões sobre a importância do fotoperíodo para o cafeeiro arábica. Plantas de vários cultivares (Mundo Novo, Catuai Amarelo, Bourbon Vermelho, Geisha e Semperflorens) foram submetidas a duas condições fotoperiódicas, a partir do primeiro par de folhas - foto

período natural das condições de Campinas, São Paulo (10:40 a 13:35 horas) e fotoperíodos prolongados (18 horas). O florescimento não só foi simultâneo em ambos os tratamentos como também mais intenso nas plantas sob dias longos. Esta superioridade quanto ao número de flores foi atribuída à intensificação do crescimento vegetativo em virtude das condições de dias longos. O cultivar semperflorens manteve o seu comportamento característico em ambos os tratamentos, florescendo em diversas épocas do ano. Uma diferenciação genética significativa quanto à altura, número de ramos laterais e folhas foi encontrada aos 15 meses no tratamento de dias longos. As respostas mais proeminentes foram observadas nos cultivares Catuai Amarelo e Mundo Novo, normalmente mais vigorosos que os demais. Entretanto, aos 28 meses as diferenças não foram mais detectadas. MONACO et al. (1978) concluíram que a indução do florescimento nos cultivares estudados não foi controlada pelo fotoperíodo, sugerindo a necessidade de se estudar o efeito de outros fatores climáticos, principalmente temperatura e umidade, sobre o processo. Uma das restrições à efetividade dos tratamentos provém das interrupções ocasionais da iluminação que não puderam ser evitadas durante o longo período deste estudo.

Normalmente, o comprimento do dia é calculado de acordo com o hora exata da saída e do pôr do sol. Entretanto, as intensidades luminosas críticas para o controle das reações fotoperiódicas das plantas são consideravelmente menores do que as existentes durante as horas de brilho solar. Assim, o comprimento do dia efetivo para os processos sensíveis ao fotoperíodo é maior do que aquele obtido com base no número de horas de brilho solar (WENT, 1957; FRANCIS, 1972). De acordo com WENT (1957)

a intensidade luminosa, sob luz solar plena, oscila entre 5×10^3 e 1×10^4 "foot-candle" ($53,9 \times 10^3$ lux e $10,76 \times 10^4$ lux), sendo que a fotossíntese e o crescimento não ocorrem quando as plantas crescem abaixo de 100-200 "foot-candle" (1076 e 2152 lux). FRANCIS (1972) relatou que a extensão artificial do período luminoso por 5 horas, com intensidades luminosas superiores a 2-5 "foot-candle" (22-54 lux), atrasou a diferenciação floral em cerca de 5 dias e 20 dias, respectivamente, em genótipos de milho sensíveis ao fotoperíodo. Em experimento realizado por WENT (1957), plantas de *C. arabica* cv. Bourbon receberam 4 horas de luz adicional antes e após um período de 8 horas de luz natural, numa tentativa de simular a aurora e o crepúsculo. As intensidades suplementares foram de 100, 10, 1 e 0 "foot-candle" (combinação de luz incandescente e fluorescente na proporção de 4:9). Dois meses e meio após os tratamentos, os cafeeiros sem luz suplementar e os submetidos à intensidade de 1 "foot-candle" apresentavam gemas florais bem desenvolvidas, enquanto que nas plantas mantidas sob 10 "foot-candle", as gemas florais estavam atrasadas em seu desenvolvimento. WENT (1957) concluiu que intensidades luminosas ligeiramente superiores a 10 "foot-candle" não afetam a indução fotoperiódica de gemas florais de *C. arabica*. Estas observações experimentais com *C. arabica* coincidem com as informações da literatura quanto à exigência mínima de luz para ativar o sistema fitocromo em plantas sensíveis ao fotoperíodo. Intensidades luminosas superiores à faixa 0,3 a 3 "foot-candle" ($3-30 \text{ W/cm}^2$; luz incandescente) são capazes de induzir respostas fotoperiódicas em Xanthium (SALISBURY & ROSS, 1969). Portanto, ao se considerar as variações anuais do comprimento do dia, nas regiões tropicais, é importante incluir o período da aurora e crepúsculo, tendo em vista a intensidade luminosa crítica para o

indução de respostas fotoperiódicas no cafeeiro (sensibilidade do sistema fitocromo).

Nas regiões equatoriais, onde o fotoperíodo é continuamente indutivo, o florescimento pode ocorrer o ano inteiro. Apesar disso, TROJER (1956, Chinchiná - 5°N) e WORMER e GITUANJA (1970a, 1970b; Ruiru - 1°08'S) identificaram "períodos ótimos" para a diferenciação das gemas florais. TROJER associou o fenômeno aos períodos de seca (baixo coeficiente P/B - precipitação /brilho solar), enquanto que WORMER e GITUANJA (1970a, 1970b) , atribuíram à ocorrência de temperaturas anuais mais amenas.

Investigações adicionais sobre a influência do fotoperíodo na indução de primórdios florais em cafeeiros jovens e adultos de cultivares comerciais (Catuai, Mundo Novo), em condições controladas ainda se fazem necessárias. Principalmente estudos referentes ao número de ciclos fotoperiódicos necessários para a indução floral e visando determinar, com precisão, a intensidade luminosa mínima capaz de induzir as gemas reprodutivas. Estudos sobre interação entre temperaturas e diferentes fotoperíodos também forneceriam informações valiosas para a elucidação do controle da indução de gemas reprodutivas em *C. arabica*.

3.2 Temperatura

Etapas críticas da ontogênese vegetal podem ser controladas em resposta a diferentes temperaturas (SALISBURY e ROSS, 1978). Em citrus, a diferenciação de gemas florais é inibida por temperaturas elevadas e favorecidas por baixas temperaturas (MOSS e BEVINGTON, 1977). Demonstrou-se que em olivei

ras, a termoindução promove a elevação do nível endógeno de giberelinas e a redução de inibidores nas gemas destinadas ao florescimento (JACKSON e SWEET, 1972).

MES(1957) e WENT (1957) avaliaram a influência de vários termoperíodos sobre a iniciação e crescimento de gemas florais em plantas jovens de *C. arabica* cv. Bourbon, cultivadas em estufas, sob fotoperíodo de 8 horas. As temperaturas elevadas produziram resultados divergentes nestes estudos. WENT (1957) encontrou maior número de gemas florais em combinações de temperatura diurna e noturna de $30^{\circ}/23^{\circ}\text{C}$. Contrariamente, MES (1957) verificou que as gemas axilares permaneciam indiferenciadas em temperaturas de $30^{\circ}/23^{\circ}\text{C}$ e $30^{\circ}/17^{\circ}\text{C}$, nos quatro cultivares utilizados - Caturra, Mundo Novo, Bourbon Vermelho e Semperflorens. A diferenciação de gemas reprodutivas não ocorreu quando os cafeeiros foram submetidos a baixas temperaturas ($17^{\circ}/12^{\circ}\text{C}$; WENT, 1957).

Nos experimentos de MES (1957), o efeito inibitôrio das temperaturas elevadas foi menos pronunciado em cafeeiros mais velhos (2 anos e meio a 3 anos de idade). Ao contrário das plantas de 13 meses de idade, os cafeeiros mais velhos desenvolveram um pequeno número de gemas florais. BARROS et al. (1978) destacaram que a sensibilidade à temperatura também pode ser modificada ao longo do desenvolvimento do ontogenético do cafeeiro.

A combinação de temperatura mais favorável ao processo de diferenciação de primórdios florais foi $23^{\circ}/17^{\circ}\text{C}$ (MES, 1957). Entretanto, a influência da temperatura sobre a iniciação floral não pôde ser separada de seus efeitos sobre o crescimen

to vegetativo e as condições gerais dos cafeeiros. No termo
período de $23^{\circ}/17^{\circ}\text{C}$, os cafeeiros mostraram-se mais vigorosos e
desenvolveram maior número de gemas florais por axila foliar.

Após o período de diferenciação das inflorescên
cias, a temperatura não mais influenciou o número de gemas flo
rais produzidas. MES (1957) constatou que as gemas florais das
plantas mantidas a $23^{\circ}/17^{\circ}\text{C}$ apresentaram um atraso de 3 a 8 se
manas em relação às plantas cultivadas nos termoperíodos de $30^{\circ}/$
 24°C e $26^{\circ}/20^{\circ}\text{C}$. Esta informação é especialmente importante por
que demonstra que as exigências quanto à temperatura não são as
mesmas nas diferentes etapas do processo de desenvolvimento re
produtivo, ou seja, indução, diferenciação, crescimento e antese.

WORMER e GITUANJA (1970a), em condições de campo
em Quênia, verificaram que as temperaturas elevadas de março e
as baixas temperaturas do mês de julho não inibiram a iniciação
floral. Porém, a diferenciação de gemas florais mostrou-se in
tensificada nos meses mais frios do ano. Na localidade de Marie
ne, onde as temperaturas são mais baixas que as de Ruiru, a di
ferenciação foi mantida sem interrupção por um período mais pro
longado. GOPAL e VASUDEVA (1973) sugeriram que, na Índia ($13^{\circ}22'\text{N}$),
a indução e diferenciação das gemas florais pode ser promovida
por baixas temperaturas. Em Cuba (Havana, 26°N) os períodos de
rápida diferenciação de primórdios florais coincidiram com os
períodos de temperaturas amenas e com umidades relativas infe
riores a 75% (SAM, 1980).

Em duas regiões cafeeiras do Brasil (Viçosa e Cam
pinas) e no Zimbábue (África), regiões cujas características cli
máticas guardam grande semelhança, a diferenciação das gemas re

produtivas se processa durante a estação seca e fria (BARROS et al. 1978; SONDAHL e SHARP, 1979; CLOWES e ALLISON, 1982). Em Campinas, os primeiros indícios de gemas induzidas foram identificadas em fins de março e início de abril, época que coincide com o início do outono (SONDAHL e SHARP, 1979).

Os dados experimentais de MES (1957), juntamente com as observações de campo efetuadas em diversos países, sugerem que as temperaturas amenas favorecem a diferenciação de gemas reprodutivas em *Coffea arabica*.

3.3 Influência do balanço hídrico

Muitos processos das plantas são afetados pelo estado de hidratação dos tecidos. A remoção de 10 a 15% da água de um tecido túrgido pode afetar profundamente as atividades vitais das plantas (HSIAO et al., 1976). No cafeeiro, uma turgescência relativa de 80% acarreta sintomas de murchamento (NUNES, 1976). Níveis de estresse relativamente incipientes, correspondentes a variações do potencial da água de -3 a -8 bars, desencadeiam uma sequência de respostas capaz de modificar substancialmente o metabolismo (SALISBURY & ROSS, 1978).

HSIAO et al. (1976), em revisão sobre a influência do estresse hídrico no metabolismo, evidenciaram que os processos fisiológicos das plantas diferem quanto à sensibilidade aos déficits hídricos. O crescimento celular pode ser afetado em primeiro lugar. A redução progressiva do potencial da água nas plantas, além de interferir em eventos metabólicos essenciais (síntese de parede celular, síntese de proteínas, fotossíntese e

redução de nitrato) também altera o nível endógeno de reguladores de crescimento. Concentrações crescentes de ácido abscísico (ABA) são frequentemente detectadas com o aumento de estresse hídrico em várias espécies (VAADIA, 1976), inclusive em *C. arabica* (KUMAR, 1979b). VAADIA (1976) encontrou redução da atividade das citocininas em raízes de plantas submetidas a déficit hídricos. A produção de etileno parece ser ativada pelo estresse de água (SALISBURY e ROSS, 1978).

A formação de gemas florais em plantas perenes tem sido relacionada a déficit hídrico moderados. Em citrus, o estresse de água é utilizado para promover a iniciação de gemas florais (JACKSON e SWEET, 1972). As informações existentes sobre a influência da água na indução e diferenciação de gemas florais em *C. arabica* são fragmentárias, circunstanciais e obtidas sem controle dos parâmetros ambientais.

A diferenciação de gemas florais no cafeeiro, em Chinchiná, na Colombia, parece ser favorecida durante a época mais seca do ano (TROJER, 1956). Na Índia, o atraso de cerca de 1 mês na diferenciação das gemas florais da safra de 1970 - 1971, em *C. arabica*, coincidiu com o prolongamento das chuvas de monção (GOPAL e VASUDEVA, 1973). WORMER e GITUANJA (1970a, 1970b) consideraram secundária a influência das precipitações, nas áreas cafeeiras de Quênia, pois a formação de gemas florais foi intensa em períodos secos e chuvosos. Todavia, a época de máxima diferenciação começou no final da estação chuvosa, estendendo-se através da estação seca e fria, marcada pelo reduzido crescimento vegetativo (RAYNER, 1946; WORMER e GITUANJA, 1979a, 1970b). Nas regiões cafeeiras do Brasil (BARROS et al., 1978; SONDAHL e SHARP, 1979), do Zimbábue (BARROS et al., 1978; CLOWES e ALLISON,

1982), e em Cuba (SAM, 1980) o desenvolvimento das gemas reprodutivas se processa nas épocas mais secas e frias do ano.

Deve-se considerar que o balanço hídrico das plantas depende da conjugação de vários fatores tais como: 1) disponibilidade de água no solo que relaciona-se com o regime pluviométrico e com as características físico-químicas do solo (BOYER, 1969); 2) condições de evapotranspiração que resultam da interação entre umidade, temperatura do ar e insolação (BOYER, 1969 ; BROWNING & FISHER, 1975; KUMAR, 1979a); 3) resistência dos tecidos ao transporte da água (CANNELL, 1975; NUNES, 1976). Sendo assim, existem dificuldades em se comparar as informações existentes na literatura pertinente ao cafeeiro. Apesar disso as informações disponíveis sugerem que um estresse hídrico moderado pode favorecer a diferenciação de gemas florais, em condições naturais (BARROS et al., 1978; KUMAR, 1979b).

KUMAR (1979b) discutiu o possível envolvimento do ácido abscísico (ABA) e das giberelinas na diferenciação de gemas florais do cafeeiro. Ele argumentou que, por ser uma planta de dias curtos, o cafeeiro exigiria baixo nível de giberelinas e níveis de ácido abscísico relativamente elevados, de acordo com os dados da literatura. O déficit hídrico, promovendo a produção de ácido abscísico, beneficiaria a diferenciação de primórdios florais, através de uma concentração relativa GA / ABA mais favorável ao processo reprodutivo do cafeeiro.

3.4 Crescimento vegetativo e diferenciação de primórdios florais

Nas principais regiões cafeeiras de Quênia, foram identificados dois ritmos de florescimento, para *C. arabica*, que se diferenciaram pelas épocas das floradas mais importantes (WORMER e GITUANJA, 1970a). O ciclo de florescimento mostrou-se alterado pela época de poda, pela ocorrência de precipitações insuficientes na estação de crescimento ou quando houve atraso na colheita de plantas em condições nutricionais precárias. WORMER e GITUANJA (1970a, 1970b) concluíram que o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo são eventos estreitamente relacionados.

MOENS (1962), em *C. canephora*, verificou que o tempo transcorrido entre a formação das gemas seriadas e a diferenciação em gemas reprodutivas dependia da época de origem dos meristemas axilares. As gemas surgidas no início da estação chuvosa transformavam-se em gemas reprodutivas num tempo mais curto (1,8 a 2,2 meses) do que aquelas formadas no final da estação úmida e durante a época seca (2,5 a 3,0 meses). MOENS deduziu que toda época de máxima diferenciação floral é precedida de um período de crescimento vegetativo intenso.

Em plantas jovens de *C. canephora*, cultivadas em vasos e em casa de vegetação, BOYER (1969) encontrou os primeiros estádios de diferenciação floral 5 a 6 semanas após o crescimento vegetativo máximo. Nas condições experimentais de BOYER, a iniciação floral só foi observada em ramos laterais cujo crescimento vegetativo anterior tinha se caracterizado por uma taxa média diária de 1,0 a 1,5mm.

Diversos trabalhos demonstraram a existência de uma elevada correlação entre a produção e o período de crescimento imediatamente anterior (GOMEZ, 1977; SONDAHL e SHARP, 1979; CLOWES e ALLISON, 1982).

A ocorrência de períodos de máxima diferenciação floral parece depender da interação dos seguintes fatores : 1) do número de nós formados na estação de crescimento; 2) da existência de condições ambientais favoráveis à diferenciação das gemas florais (temperatura e/ou balanço hídrico, fotoperíodo inferior a 13 horas).

3.5 Produção e diferenciação de gemas reprodutivas

Em muitas árvores frutíferas a diferenciação de gemas florais tende a ser reduzida em anos em que a produção é elevada, ocasionando a diminuição da colheita no ano seguinte (JACKSON e SWEET, 1972; MOSS e BEVINGTON, 1977). O ciclo bienal de produção do cafeeiro é um aspecto amplamente conhecido (CLOWES e WILSON, 1977; FAZUOLI, 1977; CLOWES e ALLISON, 1982).

O efeito inibitório dos frutos sobre a diferenciação de gemas florais em *C. arabica* foi identificado por WORMER e GITUANJA, 1970b). Plantas cujos frutos haviam sido removidos na fase de chumbinho demonstraram uma evidente aceleração do processo de diferenciação de gemas florais. Apesar disso, o padrão de florescimento não foi alterado, ou seja, a antese ocorreu na mesma época em plantas tratadas e no controle.

JACKSON e SWETT (1972) sugeriram duas explicações

para a ocorrência da produção bienal: 1) a restrição da diferenciação de gemas florais, em anos de grande produção, seria consequência da competição por nutrientes e compostos orgânicos ; 2) a presença de grande número de frutos promoveria um balanço hormonal desfavorável à diferenciação de gemas florais.

O esgotamento de cafeeiros em diferentes graus , tais como a seca dos ponteiros (die-back) ou a produção bienal são eventos atribuídos à excessiva mobilização de nutrientes orgânicos e inorgânicos pelos frutos (CANNELL, 1971b, CLOWES e WILSON, 1977; CLOWES e ALLISON, 1982). Na opinião de SYLVAIN (1959), a proporção entre a massa vegetativa e a quantidade de frutos é decisiva para a ocorrência dos distúrbios fisiológicos. Os estudos de VASUDEVA e RATAGERI (1981) revelaram que uma área foliar de $17,70 \text{ cm}^2$ é necessária para suportar um fruto de *C. arabica* nas condições do Sul da Índia. CANNELL (1975) estimou que 2-3 frutos podem ser adequadamente sustentados pelo par de folhas de cada nó ($20-30 \text{ cm}^2/\text{folha}$). Considerando uma média de 6-8 frutos/nó, grande parte das reservas de carboidratos e nutrientes dos tecidos lenhosos precisa ser carregada para os frutos. A formação dos frutos, em anos de produção elevada, parece afetar diretamente o crescimento das raízes (CANNELL, 1975; CLOWES e WILSON, 1977). NUTMAN (1933) encontrou deficiência de carboidratos em raízes de cafeeiros com excesso de produção. KUMAR (1979b) relatou que uma produção correspondente a 50% da capacidade produtiva da árvore não alterou o crescimento das raízes. Após este limite, a redução do crescimento do sistema radicular foi drástica. A morte de radículas ativas em plantas com um bom nível de produção foi observada por CANNELL (1971b).

RENNA et al. (1983) compararam as taxas fotossintéticas de uma linhagem comercial de Catuai Vermelho e outra de Catuai Amarelo e de duas progênies de Catimor, uma com baixo nível de depauperamento (UFV 1603) e outra com acentuado depauperamento (UFV 1359), na presença de uma boa carga de frutos. Os autores encontraram diferenças marcantes na resistência foliar total ao CO_2 , entre os quatro germoplasmas, em temperaturas foliares inferiores a $23-25^\circ\text{C}$ e superiores a $32-33^\circ\text{C}$. As maiores taxas fotossintéticas líquidas ($\text{mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$) foram observadas a $28-29^\circ\text{C}$ (UFV 1603 - 12,0 ; UFV 1359 - 8,0 ; Catuai 6,0 e Caturra - 5,0). Em períodos mais quentes, a troca de gás carbônico foi ligeiramente negativa para o Catuai ($-1,0 \text{ mg dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$) e para o UFV 1359 ($-2,5 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$), que apresentou altas taxas de fotorrespiração sob temperaturas elevadas. Na UFV 1603 e no Caturra, as taxas de fotossíntese líquida foram sempre positivas. RENNA et al. (1983) associaram os diferentes níveis de depauperamento destes germoplasmas, em função da carga de frutos, às temperaturas elevadas dos meses de dezembro e janeiro (capacidade de produção de fotossimilados) e à distribuição das floradas (mais ou menos concentradas).

CLOWES & WILSON (1977) acreditam que a deficiência de carboidratos nas raízes seja a causa primária da seca dos ponteiros em café. As raízes, além das atividades de absorção de água e sais minerais, são importantes sítios de produção de hormônios (CLOWES & WILSON, 1977; SALISBURY e ROSS, 1978; KUMAR, 1979b). A morte total ou parcial da parte aérea poderia ser causada pela insuficiência de citocininas e giberelinas sintetizadas pelas raízes (CLOWES e WILSON, 1977).

As restrições ao crescimento vegetativo impostas

pelos frutos não resultam, exclusivamente, de competição por nutrientes e compostos orgânicos. A frutificação pode produzir efeitos mais diretos sobre a morfologia das árvores devido à influência (nutricional e hormonal) que exerce sobre o desenvolvimento das gemas vegetativas. CLOWES e WILSON (1977) chegaram a tais conclusões após observarem que a quantidade de frutos foi inversamente proporcional ao número de ramos laterais formados.

Em síntese, a produção bienal em cafeeiros parece ser consequência da interação de dois eventos. Primeiramente, produções elevadas acarretam a redução do crescimento vegetativo, através da exaustão de reservas, restrição da atividade dos ápices em crescimento, redução da emissão de novos ramos laterais e diminuição da atividade do sistema radicular. Estes fatores limitam a quantidade de meristemas axilares disponíveis para a formação de inflorescências. Em segundo lugar, a presença dos frutos aparentemente atrasa e restringe a diferenciação das gemas florais, provavelmente devido à ação combinada de fatores hormonais e nutricionais que ainda precisam ser determinados.

CANNELL (1974) sugeriu que a exaustão do cafeeiro, em decorrência de uma alta produção nos plantios a pleno sol, ocorreria devido à inexistência de mecanismos para regular o nūmero de sementes. Em condições naturais (café sombreado), a espécie *C. arabica* teria evoluído para garantir o desenvolvimento de poucas sementes produzidas através de um mecanismo endógeno de regulação que assegurasse intensa mobilização de compostos orgânicos e de nutrientes. Cultivares mais recentes, selecionados a pleno sol, parecem ser menos suscetíveis a distúrbios fisiológicos acentuados (SONDAHL, informação pessoal).

3.6 Nível de carboidratos e nutrientes

Elevada relação carbono/nitrogênio (C/N) foi utilizada por muito tempo para explicar o fenômeno da indução de gemas florais em várias árvores frutíferas. Entretanto, trabalhos mais recentes, mostraram que fertilizantes nitrogenados estimulam o florescimento em várias plantas perenes (JACKSON e SWEET, 1972).

MOENS (1962) encontrou estreito paralelismo entre as variações da relação C/N das folhas e a intensidade de iniciação de gemas florais, concluindo que valores elevados da relação C/N favoreceriam a diferenciação floral em *C. canephora*.

RAYNER (1946), SYLVAIN (1959 e JANARDHAN (1971a, 1971b) salientaram a importância das reservas de carboidratos para inúmeras atividades do cafeeiro. GOPAL e RAJU (1978) estabeleceram uma correlação altamente significativa entre o número total de gemas florais e as reservas de carboidratos em ramos secundários e terciários. RAYNER (1946) associou alto nível de carboidratos com a iniciação de gemas florais.

O potencial de florescimento das gemas de macieiras, laranjeiras e pereiras apresentou estreita relação com o conteúdo do fósforo (JACKSON e SWEET, 1972). CANNELL e KIMEU (1971), em Quênia, encontraram acúmulo de fósforo em gemas florais de cafeeiros arábica em diferenciação. Durante a estação seca e quente, as gemas florais absorveram 39% do fósforo incorporado. Na mesma época, o incremento das gemas florais em matéria seca correspondeu a 8% do total.

3.7 Relações hormonais

A aplicação do ácido giberélico (GA_3) tem efeito inibitório sobre a diferenciação de gemas florais na maioria das dicotiledôneas (JACKSON e SWEET, 1972; ZEEVAART, 1976; PHARIS, 1977). Esta propriedade foi explorada por MOSS e BEVINGTON (1977) para controlar a produção bienal em citrus.

CANNELL (1971c) empregou pulverizações de GA_3 para retardar diferenciação de gemas florais em *C. arabica* e assim alterar o padrão sazonal de frutificação nas regiões cafeeiras de Quênia. Comparativamente ao controle, as plantas tratadas com oito aplicações de 100 ppm de GA_3 , apresentaram uma redução de 77% na primeira época de colheita e uma elevação de 91% na segunda colheita.

KUMAR (1982) relatou a ocorrência de três tipos de anormalidades no florescimento de cafeeiros, em dois anos consecutivos de chuvas torrenciais e bem distribuídas, nas áreas de cafeicultura de Quênia. Num dos casos, as plantas de uma região exibiram uma produção de flores equivalentes a apenas 10% de sua potencialidade total, apesar do aspecto vegetativo ter sido saudável. Os tecidos foliares das plantas "sem capacidade de florescimento" revelaram uma atividade de giberelinas aproximadamente dez vezes superior à das plantas com florescimento normal. As causas do elevado nível de giberelinas nas árvores anormais não pôde ser precisamente esclarecida. Na área de ocorrência da anomalia, o conteúdo de nitrogênio do solo estava ligeiramente acima do recomendável. KUMAR (1982) citou um trabalho (PHILIPS, 1968) no qual a nutrição nitrogenada promoveu a síntese de giberelinas. Os outros dois tipos de anomalias (gemas flo

rais semi-secas e flores rudimentares) foram observadas em gemas florais presentes em inflorescências já formadas. Em ambos os casos, a atividade das giberelinas foi inferior à de gemas florais normais (KUMAR, 1982). Um dos aspectos mais relevantes discutidos por KUMAR (1982) diz respeito aos diferentes níveis de ácido giberélico exigidos ao longo do processo de desenvolvimento reprodutivo. A diferenciação das inflorescências seria favorecida por uma baixa concentração de giberelinas enquanto que um nível intermediário seria necessário para o desenvolvimento de gemas florais. Um nível endógeno ainda maior seria indispensável para garantir a antese normal das gemas florais.

A diminuição do número de flores e frutos causada pelo sombreamento é um fato bem conhecido. CASTILLO e LOPEZ (1966) demonstraram experimentalmente, na Colombia, que intensidades luminosas crescentes (25%, 50%, 75% e 100% de plena exposição solar) elevaram o número de flores por nó e por inflorescência, aumentaram o número de inflorescências por nó, além de terem ampliado o número de nós com flores nos ramos laterais. Estes resultados, bem como a falta de resposta de plantas sombreadas à aplicação de fertilizantes, foram atribuídos à deficiência de energia luminosa (CASTILLO e LOPEZ, 1966). KUMAR (1978) determinou que o sombreamento excessivo elevava a atividade endógena das giberelinas. Em cultivos cuja intensidade de plantio superava 6.000 plantas/ha houve um expressivo aumento na atividade das giberelinas, sendo evidente a menor diferenciação de gemas reprodutivas.

FISHER e BROWNING (1978), em plantios de alta densidade em Quênia, observaram que os cafeeiros irrigados possuíam maior número de nós que os não irrigados, mas continham

menor número de frutos por nó. Eles relacionaram o evento ao crescimento vegetativo mais intenso das plantas irrigadas, ocasionando maior auto-sombreamento e consequentemente reduzindo a diferenciação de primórdios florais.

A aplicação do retardante de crescimento comercial CCC, inibidor da síntese de giberelinas, promoveu o aumento da produção de cafeeiros arábica de cinco anos de idade cultivados em Quênia na densidade de 5.000 plantas/ha. As plantas tratadas com CCC superaram em 30% a produção do controle (KUMAR, 1978).

A hipótese do envolvimento do ácido abscísico (ABA) na indução de gemas reprodutivas foi defendida por KUMAR (1978, 1979b). O autor fundamentou-se em estudos que demonstravam a participação do ácido abscísico na indução de gemas florais em plantas de dias curtos. O estresse hídrico moderado e a condição de dias curtos favoreceriam o processo de diferenciação floral através do estímulo da síntese do ABA.

O papel dos reguladores de crescimento na indução e diferenciação das gemas florais do cafeeiro ainda precisa ser rigorosamente investigado. Os conhecimentos nesse campo poderão abrir possibilidades de controle de eventos fisiológicos importantes, permitindo a obtenção de floradas mais concentradas e minimizando as diferenças entre colheitas em anos consecutivos. Como já foi mencionado, CANNELL (1971b) obteve sucesso ao tentar controlar o padrão de florescimento de plantas de *C. arabica* utilizando o GA_3 . Todavia, as plantas tratadas manifestaram alterações consideráveis na parte aérea. O GA_3 ocasionou o alongamento dos internós e modificou o tamanho e o formato das

folhas, deixando a copa das árvores mais rarefeita e aberta e talvez mais vulnerável aos ventos.

4. Dormência e antese das gemas florais

4.1 Características e influência de fatores ambientais

O fenômeno da dormência e antese das gemas florais no gênero *Coffea* foi objeto da grande maioria dos estudos sobre o florescimento. ALVIM (1973), BROWNING (1977) e BARROS et al. (1978) apresentaram revisões sobre o assunto. O florescimento do cafeeiro foi detalhadamente discutido na revisão de BARROS et al. (1978).

A paralização do crescimento das gemas florais, após uma certa fase de desenvolvimento, é um evento amplamente documentado em quase todas as regiões cafeeiras do mundo. De modo geral, a etapa de repouso das gemas florais coincide com a estação seca do ano, estendendo-se até o término do déficit hídrico. Em condições naturais, as primeiras chuvas estimulam o reinício do crescimento das gemas florais, que passam a se expandir rapidamente até a abertura das flores 8 a 15 dias mais tarde (BARROS et al., 1978)

As gemas florais diferenciadas ao entrarem nesta fase de dormência, caracterizam-se por apresentarem as células mãe do microscópio completamente desenvolvidas (MES, 1957; REDDY, 1979). O tamanho atingido pelas gemas florais quando se dá a cessação do crescimento varia entre cultivares, espécies e pos

sivelmente com as condições ambientais (BARROS et al. 1978; REDDY, 1979). Em Viçosa (FREDERICO e MAESTRI, 1970) e Campinas (SONDAHL e SHARP, 1979), as gemas florais dormentes de *C. arabica* apresentaram 4-6mm. Na Índia, o comprimento observado situou-se entre 7 e 9 mm (GOPAL e VISHVESHWARA, 1971; GOPAL e VASUDEVA, 1973). Esta diferença pode ser devida ao cultivar ou ao ponto de referência das medidas (incluindo ou não a base da inflorescência).

Após a queda das chuvas, o crescimento das gemas florais é acompanhado por drásticas alterações morfológicas, anatômica e bioquímicas (BARROS et al., 1978). A meiose das células maternas do microscópio ocorre logo a seguir (MES, 1957; REDDY, 1979) e a corola sofre um incremento de peso fresco e peso seco da ordem de 500% e 300%, respectivamente, até antese (MES, 1957; CROOPE et al., 1970; BROWNING, 1971). O intervalo entre a quebra da dormência e a abertura das flores pode oscilar de 7 dias (SONDAHL e SHARP, 1979) a 18 dias (BARROS et al., 1978). MES (1957) demonstrou, experimentalmente, que o número de dias entre a quebra da dormência e a antese depende da temperatura do ar.

GOPAL et al. (1975b) verificaram que, mesmo havendo uma quantidade suficiente de chuvas, o percentual de flores normais mantinha correlação com o número de folhas por nó e por ramo, com o índice de amido do lenho e com as condições gerais das plantas.

Vários fatores ambientais influenciam decisivamente o surgimento de flores anormais. Secas muito prolongadas antes do florescimento (KUMAR, 1979b) ou uma quantidade de chuvas insuficiente (BARROS et al., 1978) parecem ser particularmente importantes. Temperaturas elevadas (30°C diurna / 24°C noturna; MES,

1957) e temperaturas baixas (A. CARVALHO, informação pessoal) na época da antese produzem anomalias florais ("estrelinhas" e outras atrofias). Alguns cultivares de *C. arabica* apresentam maior proporção de anomalias florais do que outros, indicando que este caráter é parcialmente controlado a nível genético (KUMAR, 1979b).

Diversos tipos de transição entre as flores completamente estéreis e flores normais podem ser identificados (L. MULLER, informação pessoal). KUMAR (1979b) descreveu três categorias de gemas florais anormais, as quais diferiram quanto ao grau de exposição prematura das partes internas das flores (estigma, estilo e antera). A retenção de frutos pode ser reduzida em até 80% no caso de anomalias mais severas e em 40% nos casos intermediários (KUMAR, 1979b).

O papel desempenhado pelas folhas no mecanismo de quebra de dormência é um aspecto que ainda precisa ser investigado. MAGALHÃES e ANGELOCCI (1976) observaram que em nós sem folhas os botões florais não abriam. Ao realizarem medidas simultâneas do potencial da água de gemas dormentes e do par de folhas subjacente, aqueles autores verificaram que o processo de quebra da dormência está associado a rápidas alterações no balanço de água entre os dois órgãos. Por outro lado, MES (1957) e BROWNING (1973) encontraram antese de botões florais em nós e ramos desfolhados.

BARROS et al. (1982) demonstraram que são necessários $4,7 \text{ cm}^2$ de área foliar para que haja a abertura de uma flor normal em híbridos Catimor selecionados em Viçosa. A maior parte dos compostos orgânicos assimilados pelos botões florais

provinham diretamente da fotossíntese. As reservas das folhas e do lenho tiveram uma contribuição limitada. Os autores verificaram que os botões florais são capazes de utilizar fotoassimilados de folhas situadas em outros nós de um mesmo ramo, seja em direção ascendente ou descendente, não havendo inclusive limitações ao transporte lateral. Os botões florais também foram capazes de mobilizar matéria seca acumulada no lenho de ramos totalmente desfolhados. Estes dados explicariam porque são observadas flores normais em nós e ramos parcialmente desprovidos de folhas, em condições naturais.

Existem controvérsias a respeito do significado fisiológico da paralização do crescimento das gemas florais diferenciadas. Alguns pesquisadores sustentam a hipótese de que as gemas florais experimentariam uma quiescência imposta pela seca. A cessação do crescimento e a redução das atividades metabólicas resultariam do déficit hídrico das plantas (MES, 1957 ; GOPAL e VASUDEVA, 1973; GOPAL et al., 1975a; REDDY, 1979). Outros pesquisadores, alicerçados em inúmeros dados experimentais, acreditam que o estresse hídrico é necessário para que haja a quebra da dormência e que, portanto, haveria uma dormência verdadeira, determinada por condições endógenas (ALVIM, 1958, 1960, 1973; BROWNING, 1971, 1973a, 1973b, 1977). Esta hipótese foi substancialmente reforçada pelos resultados de MAGALHÃES e ANGELOCCI (1976). Eles encontraram um potencial crítico de -12 bars, nas folhas, abaixo do qual as gemas florais abriam em resposta à irrigação do solo. A antese não foi observada em plantas mantidas com um potencial da folha superior a -11 bars. MAGALHÃES e ANGELOCCI concluíram que a irrigação quebrava a dormência quando havia uma brusca reversão do gradiente de potencial da água

entre as gemas florais e folhas subjacentes. Assim, após a irrigação, o fluxo de água das folhas para as gemas florais seria restabelecido.

Um dos argumentos contrários à hipótese de que o estresse de água seja fundamental para quebra da dormência baseia-se nas observações de que plantas com plena disponibilidade de água nas raízes (irrigadas ou em solução nutritiva) e plantas submetidas à seca são capazes de florescer simultaneamente. Mas, como já foi discutido anteriormente, cafeeiros irrigados e em solução nutritiva podem apresentar acentuado estresse hídrico em condições de elevada demanda evapotranspiratória (BOYER, 1969; BROWNING e FISHER, 1975; KUMAR, 1979b; KUMAR e TIEZEN, 1980b).

FISHER e BROWNING (1978) e KUMAR (1979a) constataram que a seca tem efeitos benéficos sobre a produção do cafeeiro, independentemente do fato de promover a concentração da antese. FISHER e BROWNING (1978) relataram que plantas irrigadas de duas em duas semanas, ao longo do ano, e plantas irrigadas na estação seca e quente, não produziram adequadamente em cultivos de alta densidade, aparentemente demonstrando que a seca favorece ao processo de florescimento em *C. arabica*.

ALVIM (1973) supôs a existência de duas etapas fisiologicamente distintas durante a paralização do crescimento das gemas florais. Primeiramente, a dormência endógena, atribuída à presença de substâncias inibidoras, seria revertida durante a seca. A partir de um dado momento, passaria a existir uma quiescência ou dormência imposta, que se estenderia enquanto perdurasse o estresse de água dos cafeeiros.

BROWNING (1977) acredita que as rápidas reduções na temperatura, que normalmente acompanham as chuvas nos trópicos, podem desempenhar um papel relevante na quebra da dormência. Ele relatou que, nas condições de Quênia, o florescimento está invariavelmente associado à rápidas reduções na temperatura, exceto após secas prolongadas. Neste caso, chuvas ou a irrigação isoladamente são suficientes para estimular a abertura de flores. O autor determinou que a quebra da dormência ocorria apenas quando a queda da temperatura era de 3°C ou mais, num período de 45 minutos ou menos. Tais alterações na temperatura estavam sempre associadas às chuvas. ALVIM (1973) ponderou que a queda da temperatura pode ter um efeito indireto, pois ocasionando redução das perdas transpiratórias, favoreceria de imediato o balanço hídrico dos cafeeiros.

Sob temperaturas de 18°C , REDDY (1979) não obteve a quebra da dormência. Entretanto, a interrupção da dormência foi conseguida em cerca de 12 horas após a submersão dos ramos, por 30 segundos, em água mantida a 33°C .

BARROS et al. (1978), analisando os dados experimentais de REES (1964) com *C. rupestris* e de BROWNING (1972, 1973) com *C. arabica*, concluíram que as rápidas reduções na temperatura devem ter um papel crítico na quebra da dormência, independentemente da água.

Fundamentando-se nas informações disponíveis, BARROS et al. (1978) sugeriram que as seguintes condições podem promover o florescimento do cafeeiro: a) uma queda rápida da temperatura, isoladamente, quando o balanço hídrico das plantas não for crítico; b) chuvas abundantes ou irrigação após um

longo período de seca; c) quedas bruscas na temperatura e suprimento de água, tanto da chuva como da irrigação, atuando complementariamente ou sinergisticamente.

4.2 Relações hormonais

Os fatores ambientais responsáveis pela dormência e estímulo à antese promovem alterações endógenas dos fitoreguladores. O ácido giberélico exógeno (GA_3) substitui o estímulo gerado pela irrigação ou pelas chuvas quando aplicado diretamente sobre as gemas de *C. arabica* (ALVIM, 1958, 1960b; BROWNING, 1971). Após irrigação ou chuvas, acompanhadas de rápida redução na temperatura, demonstrou-se que as gemas florais de *C. arabica* produziram quantidades crescentes de giberelinas. A concentração endógena de GA , entretanto, diminuiu quando os botões florais começaram a se expandir e absorver água rapidamente, ou seja, a partir do 4º dia após o estímulo causado pelas chuvas, nas condições de Quênia (BROWNING, 1973a).

Na opinião de BROWNING (1973a), os fatores ambientais que estimulam a antese atuam, de imediato, sobre a atividade das giberelinas dentro das gemas florais. O autor considerou que as giberelinas das gemas não poderiam ter sido importadas de outras regiões da planta porque a concentração das giberelinas no xilema permaneceu inalterada após a quebra da dormência.

A aplicação de inibidores da síntese de giberelinas (B_9 e CCC) não inibiu o processo de indução da antese após as chuvas (BROWNING, 1971). Este autor concluiu que o incremento

to da atividade das giberelinas, como resposta a estímulos ambientais, resultaria da conversão de giberelinas conjugadas para uma forma livre.

O estímulo à antese pela irrigação ou pelas chuvas pode ser completamente inibido pela aplicação prévia de ácido abscísico (ABA) sobre as gemas florais (ALVIM, 1973; BROWNING, 1977). A eficácia do ABA exógeno dependeu do grau de estresse a que as plantas estavam submetidas. Houve decréscimo do efeito inibitório do ABA com o prolongamento da seca (BROWNING, 1977). Ao contrário, a sensibilidade das gemas dormentes ao estímulo do GA_3 aumentou com a extensão da seca (ALVIM, 1958, 1960b; BROWNING, 1971).

BROWNING et al. (1970) demonstraram a presença do ABA em gemas florais coletadas antes e após a quebra da dormência. O ABA foi responsável por 75% da ação inibitória do extrato ácido. A concentração absoluta de ABA, após a quebra da dormência, permaneceu inalterada até quatro dias antes da abertura das flores, tendo então aumentado. Com base no peso fresco, entretando, houve considerável diluição quando as gemas passaram a absorver água aceleradamente. Mesmo assim, ocorreu recuperação das concentrações de ABA nos quatro dias anteriores à antese (BROWNING, 1973a).

O ácido abscísico não foi capaz de antagonizar a ação estimulatória do GA_3 exógeno, sugerindo que o ABA poderia estar afetando os níveis de giberelinas conjugadas e livres nas gemas florais. O ácido abscísico alteraria o equilíbrio entre as giberelinas conjugadas e livres (BROWNING, 1973).

A adição de GA em quantidades variáveis ao ABA

demonstrou que a ocorrência de flores anormais depende, de forma crítica, da relação de concentração GA/ABA (BROWNING, 1977). O autor acredita que a dormência e a sua liberação envolvem um mecanismo delicado e complexo no qual o ABA e o GA exercem um papel crucial.

GOPAL e VENKATARAMANAN (1976) avaliaram a atividade biológica de substâncias inibidoras e promotoras em gemas florais antes e após a quebra da dormência. Nas gemas dormentes, a atividade de inibidores foi 25 vezes superior à atividade dos promotores. Os inibidores desapareceram completamente quatro dias após a irrigação, enquanto que os promotores aumentaram acentuadamente até dois dias antes da antese. BARROS et al. (1978) consideraram os resultados acima consistentes com os obtidos por BROWNING (1971, 1973a, 1973b), atribuindo as discrepâncias aos tipos de técnicas analíticas utilizadas.

HUMPHREY e BALLANTYNE (1974) encontraram flutuações quantitativas e qualitativas no conteúdo de giberelinas de folhas de cafeeiros após a irrigação. A atividade de giberelinas na fração ácida de acetato de etila (giberelinas livres) foi crescente nos cinco dias seguintes ao término da seca. Apesar de não terem investigado o transporte de giberelinas a partir das folhas, aqueles autores supuseram que as giberelinas daquele órgão poderiam influenciar as gemas florais em crescimento.

A aplicação de citocininas sobre gemas dormentes só mostrou-se efetiva na promoção da antese em plantas expostas a um longo período de seca (BROWNING, 1971).

As citocininas do xilema e das gemas florais apresentaram modificações quantitativas e qualitativas após a quebra

de dormência (BROWNING, 1973b). O decréscimo da concentração de giberelinas coincidindo com o rápido aumento do nível endógeno de citocininas nas gemas florais em expansão induziu BROWNING (1973b) a concluir que as giberelinas e citocininas atuam em sequência.

A exigência absoluta de citocininas para o crescimento das gemas florais foi questionada por BARROS et al. (1978). Eles argumentaram que muitos experimentos de indução de antese não poderiam ser compreendidos caso as citocininas fossem realmente essenciais. Como exemplo citaram o estímulo da antese pelo GA_3 em condições de estresse hídrico (ALVIM, 1960b) e pelo gotejamento localizado em gemas florais (MES, 1957). Nestes casos, seria difícil estabelecer a origem das citocininas. Normalmente, estas substâncias são sintetizadas nas raízes e transportadas pelo xilema para a parte aérea. BROWNING (1973b) sugeriu que parte das citocininas poderia ser produzida pelas próprias gemas florais, uma vez que o aumento da concentração endógena de citocininas (em ca. de 8 vezes) ocorreu antes que as gemas começassem a absorver água rapidamente.

As provas existentes sugerem que as auxinas não desempenham uma função importante no fenômeno da dormência e na sua liberação (BARROS et al., 1978). A concentração do ácido indolil-3-acético (AIA) mostrou-se elevada nas fases iniciais do desenvolvimento das gemas florais. O decréscimo do conteúdo do AIA, com o início da estação seca e quente, foi associado à maturidade das gemas florais (JANARDHAN et al., 1977).

BARROS et al. (1978) propuseram um modelo explicativo do processo de quebra da dormência. Durante a maturação

das gemas florais haveria um acúmulo de giberelinas conjugadas. A seca, através de um mecanismo não conhecido, poderia contribuir direta ou indiretamente para o acúmulo de giberelinas conjugadas e de ácido abscísico nas gemas florais. O ABA atuaria facilitando o incremento das giberelinas conjugadas. Os fatores ambientais associados a uma rápida elevação do potencial da água nas gemas florais e/ou rápidas reduções da temperatura do ar, promoveriam a liberação de giberelinas ativas as quais superariam o estado de dormência.

5. Frutificação e maturação dos frutos

Após a fertilização, o saco embrionário cresce , comprimindo as células internas do integumento. As células externas deste envoltório passam então a multiplicar-se aceleradamente originando o perisperma. Ao término do seu desenvolvimento, o perisperma (tecido materno) ocupa inteiramente lóculos do tamanho de uma semente normal. A primeira divisão do endosperma se dá 21 a 27 dias após a antese enquanto que o zigoto apresenta a sua primeira divisão 60 a 70 dias após a abertura das flores (MENDES, 1942).

O crescimento e o desenvolvimento dos frutos de *C. arabica* segue o padrão de uma curva sigmoïdal dupla (WORMER & NJUNGUNA, 1966; CANNELL, 1971a e GOMEZ, 1977). Durante as 5-6 semanas posteriores à antese, os frutos não apresentam crescimento visível sendo denominados "chumbinhos" (WORMER & NJUNGUNA, 1966). Nesta fase, os frutos não podem ser caracterizados como dormentes, porque apresentam alta taxa respiratória (CANNELL,

1971a), mobilizam metabólitos (CANNELL e HUXLEY, 1969) e exibem divisão celular (MENDES, 1942). A partir da 7ª semana (CANNELL, 1971a - Quênia) ou da 5ª semana (GOMEZ, 1977 - Colômbia), os frutos expandem-se rapidamente atingindo tamanho máximo em torno da 16ª semana. Nessa época, os tecidos aquosos do integumento (perisperma) ocupam totalmente os lóculos, mas são gradativamente substituídos pelo endosperma entre a 12ª e 20ª semanas seguintes à antese. Entre a 19ª a 29ª semanas após a florada, as sementes acumulam matéria seca, havendo poucas modificações no tamanho dos frutos. A maturação, nas condições de Quênia, se processa entre a 29ª e 35ª semanas (WORMER e NJUNGUNA, 1966).

O tempo necessário para a completa maturação dos frutos parece variar com as condições climáticas (KUMAR, 1979b) e em função da constituição genética do cafeeiro (SONDAHL e SHARP, 1979). Durante a maturação o pericarpo se expande, acumula matéria seca e água, além de alterar a sua coloração (WORMER, 1966).

Em Campinas (SONDAHL e SHARP, 1979) e Chinchiná (GOMEZ, 1977), os frutos do cafeeiro arábica amadurecem por volta da 32ª semana após a abertura das flores. A maturidade fisiológica dos frutos de *C. arabica* cv. Mundo Novo foi atingida 220 dias após o florescimento, nas condições de campo de Lavras (MG), Brasil (CAIXETA, 1981).

O tamanho final e a forma das sementes são determinadas por características genotípicas e pelas condições ambientais existentes durante o crescimento dos frutos (WORMER, 1966). A disponibilidade de água durante a fase de expansão dos frutos revelou-se crucial para a determinação do tamanho final das sementes.

mentes (^{de JUNGUNA}WORMER, 1966; CANNELL, 1974). O endocarpo dos frutos (pergaminho) torna-se lignificado e inflexível ao final da etapa de expansão, passando a constituir uma barreira mecânica (^{de JUNGUNA}WORMER, 1966; CANNELL, 1974).

CANNELL (1974), através de experimentos de desfolha, demonstrou que o fornecimento de metabólitos tem pouca influência sobre o tamanho final das sementes e que as diferenças na disponibilidade de água durante a etapa de expansão são mais importantes.

A abscisão natural de muitos frutos durante os estádios iniciais do desenvolvimento (conhecida como queda de chumbinhos) é um aspecto ainda não esclarecido. CANNELL (1971a) e VASUDEVA (1979) associaram o fenômeno a déficit de carboidratos. ALMEIDA et al. (1982) verificaram que a quantidade de frutos derrubados entre 75 e 90 dias, após o florescimento foi diretamente proporcional aos níveis de desfolhas. Entretanto, parece que o componente nutricional não atua isoladamente. Aplicações de soluções aquosas da auxina sintética 2,4-D (ácido 2,4 diclofenoxiacético), após a antese, reduziram entre 20 e 25% a queda prematura dos frutos de *C. arabica*, no sul da Índia (GOPAL, 1974). O efeito benéfico da auxina variou entre plantações e de ano para ano, dependendo da proporção de flores normais produzidas. CLOWES & WILSON (1977) relataram que a abscisão de frutos, 10-17 semanas após a florada, não foi influenciada pela quantidade de frutos presentes nos ramos laterais individualmente. Os autores concluíram que a queda de frutos independe da disponibilidade de compostos orgânicos, sugerindo que a abscisão de frutos possa ser causada por um desequilíbrio hormonal.

OPILE (1979) analisou o conteúdo endógeno de fitohormônios ao longo do desenvolvimento dos frutos de cafeeiros arábica, crescendo em Quênia. No estágio de "chumbinho" o nível de promotores de crescimento do grupo de giberelinas e citocininas mostrou-se muito baixo. Ao contrário, haviam concentrações substanciais de inibidores da categoria do ácido abscísico. O autor supôs que tal combinação de reguladores de crescimento poderia ser responsável pela quiescência dos frutos durante cerca de 8 semanas, mesmo sob condições favoráveis de umidade.

KUMAR (1979b) argumentou que a deficiência de promotores de crescimento tornaria os "chumbinhos" incapazes de competir por metabólitos com os ápices em crescimento, ricos em auxinas, giberelinas e citocininas. A expansão dos frutos só se iniciaria após o término do "flush" de crescimento, quando os ápices diminuiriam sua taxa de crescimento e diferenciação de novos órgãos.

A atividade das giberelinas foi máxima quando as sementes já se encontravam totalmente formadas, voltando a ser insignificante na época da maturação. Nesta etapa, houve considerável aumento na atividade dos inibidores do grupo do ABA. As citocininas apresentaram um comportamento bimodal com um pico de atividade na fase de rápida expansão e outro durante a maturação dos frutos (OPILE, 1979).

A aplicação exógena de GA_3 , dissolvido em etanol, sobre frutos em 5 fases de desenvolvimento diferentes, resultou em incremento em peso fresco, peso seco e volume dos frutos (OPILE, 1979).

O efeito do agente maturador CEPA (ácido-2-cloro

-etil fosfônico), liberador de etileno, foi estudado por vários pesquisadores (BROWNING, 1971; SONDAHL et al.; OYEBADE, 1976 ; CLOWES, 1977; OPILE, 1979). Os frutos tratados com o CEPA atingem a maturidade 2 a 3 semanas após a sua aplicação. Os trabalhos supracitados foram quase unânimes na constatação de que o etileno só produz resultados benéficos quando aplicado sobre frutos completamente desenvolvidos. OPILE (1978) estimou que a época ideal para o tratamento situa-se entre 7 a 8 semanas antes da maturação natural esperada. Em Campinas, SONDAHL et al. (1975) verificaram que os efeitos benéficos do ethrel (CEPA) , considerando-se a qualidade da bebida, só foram alcançados quando o produto foi aplicado 2 a 3 semanas antes da colheita.

O CEPA provoca a abscisão de frutos em expansão (BROWNING, 1971; MONACO e SONDAHL, 1974; CLOWES, 1977; OPILE , 1978), e a maturação prematura de frutos em estádios mais avançados, porém ainda imaturos. A maturação aparente constitui um dos principais obstáculos ao emprego do CEPA na cafeicultura , pois resulta em frutos com pericarpo maduro, porém com sementes contendo endosperma imaturo, o que deprecia a qualidade da bebida (SONDAHL et al., 1975; OPILE, 1978).

Enquanto não for possível maior controle da uniformidade de florescimento em *C.arabíca* , a utilização do etileno como agente acelerador da maturação estará fortemente limitada (SONDAHL et al., 1975; OPILE, 1978).

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL VEGETAL

Foram utilizadas plantas dos seguintes cultivares de *Coffea Arabica* L., localizadas em campos experimentais do Centro Experimental de Campinas, Instituto Agrônômico (IAC) e pertencentes a ensaios da Seção de Café e da Seção de Genética: Catuai Vermelho, Bourbon Amarelo, Mundo Novo e Arábica. A Tabela 1 apresenta informações mais detalhadas a respeito das plantas estudadas. Todas as avaliações e medidas foram realizadas em cafeeiros mantidos em condições de campo.

2. ESTUDO HISTOLÓGICO SOBRE A DIFERENCIAÇÃO DE GEMAS REPRODUTIVAS EM *COFFEA ARABICA* cv. CATUAI VERMELHO

Nos anos de 1980 e 1981 realizaram-se coletas quinze dias de 5 ramos plagiotrópicos de 1ª produção nos seguintes períodos: - 15/2 a 29/4/1980; 6/1 a 2/5/1981. Gemas seriadas G_1 , localizadas nas axilas foliares do 3º ao 9º par de folhas, a partir do ápice, foram removidas e fixadas em FAA 50%. O material vegetal foi desidratado, utilizando-se uma série de soluções de álcool butílico-terciário, e incluído em parafina. Prepararam-se cortes seriados longitudinais-axiais de 10-12µm, os quais foram coloridos com safranina e "fast green" (JOHANSEN, 1940). Importante mencionar que o tempo de permanência na solução de 0,5% de safranina teve de variar em função do tamanho das gemas. O melhor tempo para as gemas pequenas (≤ 2 mm) foi de quinze minutos, enquanto que as gemas mais desenvolvidas foram tratadas durante 2-3 minutos em solução de safranina.

Tabela 1. Informações sobre o material vegetal e estudos realizados.

Cultivar	Época de plantio	Ano de estudo	Produção kg/cova(a)	Época de colheita	Estudos realizados
1) Catuai Vermelho(b) H-2077-2-5	Maio/1966(d)	1980	1,1	29/5 (38%) 3/7 (26%) 3/8 (36%)	Diferenciação, crescimento e desenvolvimento de gemas reprodutivas; florescimento.
Catuai Vermelho(b) H-2077-2-5	Maio/1966(d)	1981	7,4	30/5 (82%) 19/7 (18%)	Diferenciação, crescimento e desenvolvimento de gemas reprodutivas; florescimento; maturação das floradas de 1980.
2) Catuai Vermelho(c) H-2077-2-5-81	Novembro/1975	1981	1,2	início de maio	Florescimento.
Catuai Vermelho(c) H-2077-2-5-81	Novembro/1975	1982	5,2	24/6 (100%)	Diferenciação, crescimento e desenvolvimento de gemas reprodutivas; florescimento; maturação da florada principal de 1981.
Catuai Vermelho(c) H-2077-2-5-81	Novembro/1975	1983	-	-	Maturação da florada principal de 1982.
3) Catuai Vermelho(b)	Março/1979	1981	2,3	1/6/81 (100%)	Efeito de fitorreguladores exógenos.
Catuai Vermelho(b)	Março/1979	1982	2,1	9/7/82 (100%)	Efeito de fitorreguladores exógenos.

Tabela 1. Continuação

Cultivar	Época de plantio	Ano de estudo	Produção kg/cova(a)	Época de colheita	Estudos realizados
4) Bourbon Amarelo(c)	Novembro/1975	1981	0,4	início de maio	Crescimento e desenvolvimento de gemas reprodutivas; florescimento.
Bourbon Amarelo(c)	Novembro/1975	1982	1,2	24/6 (100%)	Diferenciação, crescimento e desenvolvimento de gemas reprodutivas; maturação da florada principal de 1981.
5) Mundo Novo(b)	Novembro/1955(e)	1981	4,9	14/6 (100%)	Crescimento e florescimento de gemas reprodutivas; florescimento.
6) Mundo Novo(c)	Novembro/1975	1982	-	-	Maturação da florada principal de 1981
7) Arabica(c)	Novembro/1975	1981	-	-	Maturação da florada principal de 1981.

a) Café cereja; b) Cafeeiros de ensaios da Seção de Café - IAC; c) Cafeeiros da coleção da Seção de Genética - IAC; d) Plantas decotadas a 1,20m em setembro de 1978; e) Plantas recepdadas a 40cm em setembro de 1978.

3. ESTUDO SOBRE O CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS GEMAS REPRODUTIVAS EM 1980 , 1981 e 1982

3.1. Observações de laboratório

No ano de 1980, foram coletados cinco ramos laterais de *Coffea arabica* cv. Catuai Vermelho a cada quinze dias, entre 15/2 e 15/9/80 (item 1, Tabela 1). Em 1981, coletaram-se dez ramos plagiotrópicos, das mesmas plantas, em intervalos quinzenais, durante o período compreendido entre 6/1 e 15/7/81. Já em 1982, as amostragens voltaram a ser constituídas de 5 ramos laterais colhidos quinzenalmente entre 1/3 e 21/5/82. A diminuição do número de repetições e da época de amostragem de ramos destacados foi decorrência do reduzido número de plantas disponíveis para o estudo (apenas 9 plantas ; item 2, Tabela 1) . Neste ano de 1982, além do cv. Catuai Vermelho estudou-se o cv. Bourbon Amarelo (item 4, Tabela 1).

Procurou-se utilizar ramos laterais com número de nós semelhantes, formados durante a estação de crescimento anterior. Os ramos destacados foram acondicionados em sacos plásticos úmidos e mantidos no refrigerador (cerca de 5°C) até o momento de serem analisados.

As medições e observações foram efetuadas em nós localizados entre o 4º e 9º par de folhas, a partir do ápice do ramo. Com o auxílio de uma lupa estereoscópica, efetuava-se a dissecação dos nós, removendo-se a base do pecíolo e as estípulas. As gemas existentes, em ambas as axilas foliares, eram então me

didas (mm) e caracterizadas morfológicamente. No ano de 1980, entre os meses de março e outubro, as gemas axilares reprodutivas foram esquematizadas e fotografadas com o objetivo de se caracterizar as diferentes etapas de diferenciação morfológica. A partir de julho de 1981 e em 1982 as gemas reprodutivas do cafeeiro passaram a ser classificadas de acordo com os padrões morfológicos sistematizados na Figura 1, o que possibilitou a quantificação das fases morfológicas em cada época de avaliação. As medidas de crescimento das gemas seriadas, no laboratório e no campo, foram efetuadas tendo-se como base o comprimento total das mesmas (Figura 2). Durante as observações de laboratório, os nós dissecados foram mantidos sob uma solução de 100 ppm de ácido ascórbico para controlar a oxidação dos tecidos.

3.2. Observações de campo

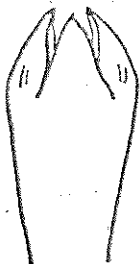
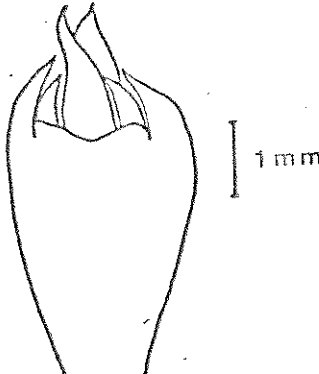
As avaliações sobre o crescimento e desenvolvimento das gemas axilares no campo foram executadas em dez ramos, previamente marcados. As medidas tiveram início tão logo o desenvolvimento das gemas o permitiu.

No ano de 1980, utilizou-se uma amostra constituída de cinco ramos laterais, tendo-se um ramo por planta.

Estabeleceu-se que seriam avaliadas gemas axilares de idade fisiológica semelhante. Por esse motivo, escolheu-se 6 nós localizados entre o 4º e 9º par de folhas, a partir do ápice, no início das observações. As avaliações foram conduzidas até a época da florada principal de cada ano.

Figura 1 - Esquemas representativos dos estádios de desenvolvimento morfológico das gemas seriadas G₁ de *Coffea arabica* cv. Catuai Vermelho.

FIGURA 1

Estádio	Características principais	Comprimento Médio (mm)	Aspecto Morfológico Típico
1	Gema aparentemente vegetativa. Estípula aderida ao eixo do ramo, na região da axila foliar.	0,5 a 1,7	
2	Gema entumescida. Estípula inchada ao nível da axila foliar.	1,8 ± 0,6* 1,9 ± 0,4**	
3	Gema volumosa, visível acima do nível da estípula, na axila foliar, podendo apresentar goma marron translúcida em seu ápice.	3,3 ± 0,4* 3,5 ± 0,7**	
4	Fase imediatamente anterior ao surgimento das gemas florais. Caracteriza-se pelo 2º par de bracteas interno, oposto ao já existente.	4,8 ± 0,6* 5,2 ± 0,8**	

(*) Catuaí

(**) Bourbon

.../...

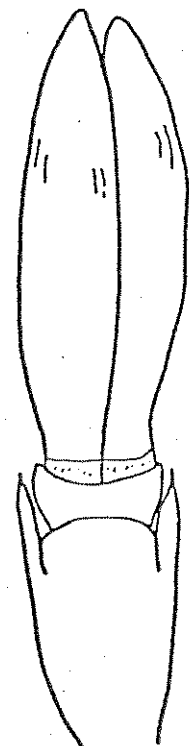
5 Fase inicial da
inflorescência. $6,9 \pm 0,8^*$
 $6,9 \pm 1,0^{**}$



6 Fase de desenvolvimento intermediária. $9,4 \pm 1,0^*$
 $9,7 \pm 1,9^{**}$



7 Fase de desenvolvimento final $10,3 \pm 0,7$
 $10,0 \pm 0,8$



(*) Catuaí

(**) Bourbon

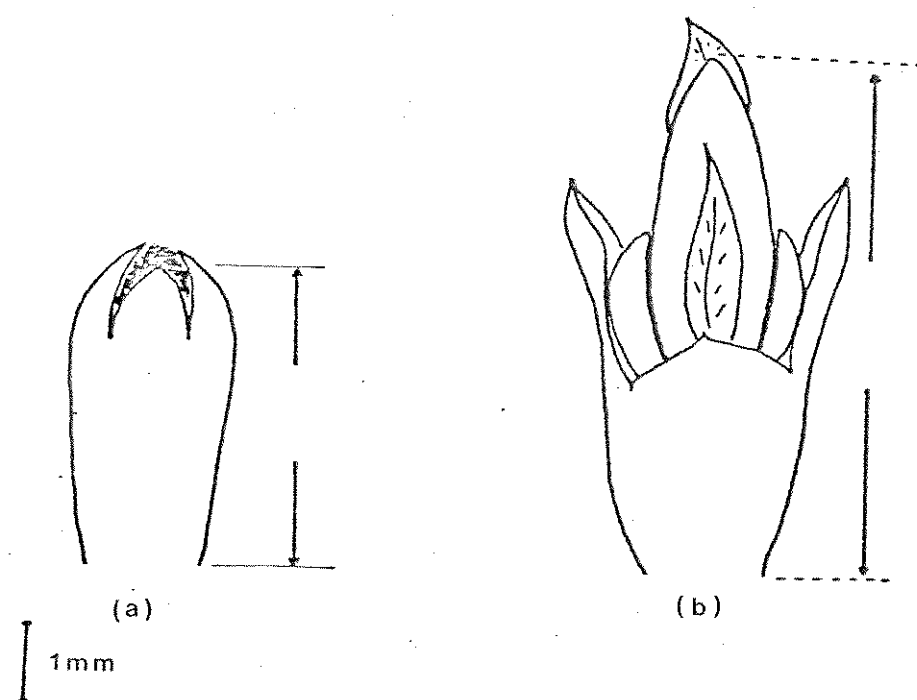


Figura 2 - Esquemas demonstrativos dos referenciais tomados para a mensuração das gemas seriadas. 2a. gema seriada G_1 no estágio 3. 2b. gema seriada G_1 no estágio 6.

4. OBSERVAÇÕES SOBRE O PERÍODO DE FLORESCIMENTO EM 1980, 1981 e 1982

Para cada cultivar, foram analisados dez ramos laterais de 1ª produção, previamente marcados, utilizando-se no máximo, dois ramos por planta. Durante as floradas, avaliou-se as seguintes estruturas: - gemas florais, flores normais, chumbinhos (denominação dada ao estadio inicial dos frutos) e/ou frutos e as estruturas florais danificadas aleatoriamente ou com aspecto anormal ("perdas"). Estes dados permitiram estimar a contribuição relativa de cada florada assim como a participação relativa das 4-5 gemas axilares (G_1 , G_2 , G_3 , G_4 e G_5) em cada florada.

5. MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE COFFEA ARABICA L. EM 1981, 1982 e 1983

Em cada uma das 4 floradas observadas nas plantas do cultivar Catuai Vermelho (item 1, Tabela 1), em 1980, marcaram-se cinco ramos laterais, utilizando-se cinco plantas escolhidas ao acaso na 1ª florada. Destes ramos, removeram-se as gemas florais, chumbinhos e flores anormais existentes, deixando-se apenas as flores normais abertas em cada florada. Assim, cada uma das quatro floradas sucessivas ficou representada por cinco ramos. Também foram marcados dez ramos controle, os quais foram mantidos intactos no decorrer das floradas.

Na florada principal de 1981, marcaram-se ramos laterais nos seguintes cultivares de *Coffea arabica* - Catuai Vermelho, Mundo Novo, Bourbon Amarelo e Arábica. As plantas pertencem

ciam ao Banco de Germoplasma da Seção de Genética do IAC (Tabela 1). Em cada um dos cultivares, foram marcados 20 ramos plagiotrópicos de 1ª produção. Em 10 ramos permaneceram apenas as flores normais abertas. Os outros ramos foram mantidos intactos para serem empregados como controle.

Em 1983, estudou-se a maturação de frutos em dois grupos de plantas do cultivar Catuai Vermelho que diferiam entre si quanto à idade: (1º) cafeeiros de 5 anos de idade (item 3, Tabela 1) e (2º) cafeeiros de 9 anos de idade (item 2, Tabela 1). Na florada principal de 1982, marcaram-se 20 ramos plagiotrópicos em cada grupo de plantas, sendo que em 10 ramos foram deixadas apenas as flores abertas.

A partir de março-abril dos anos de 1980, 1981 e 1982, realizaram-se contagens semanais dos frutos segundo seis categorias, correspondentes a diferentes estádios de maturação dos frutos de café. Os padrões de maturação empregados nas avaliações estão explícitos nas Figuras 3 e 4.

6. APLICAÇÃO DE FITORREGULADORES SOBRE GEMAS REPRODUTIVAS DE *COFFEA ARABICA* cv. CATUAI VERMELHO EM 1981 e 1982

Para cada tratamento, utilizaram-se 10 ramos plagiotrópicos de 1ª produção. Em 1982, o critério de seleção dos ramos foi mais rigoroso do que no ano anterior, tendo-se baseado nas seguintes exigências:

(1º) Os ramos laterais localizavam-se exclusivamente

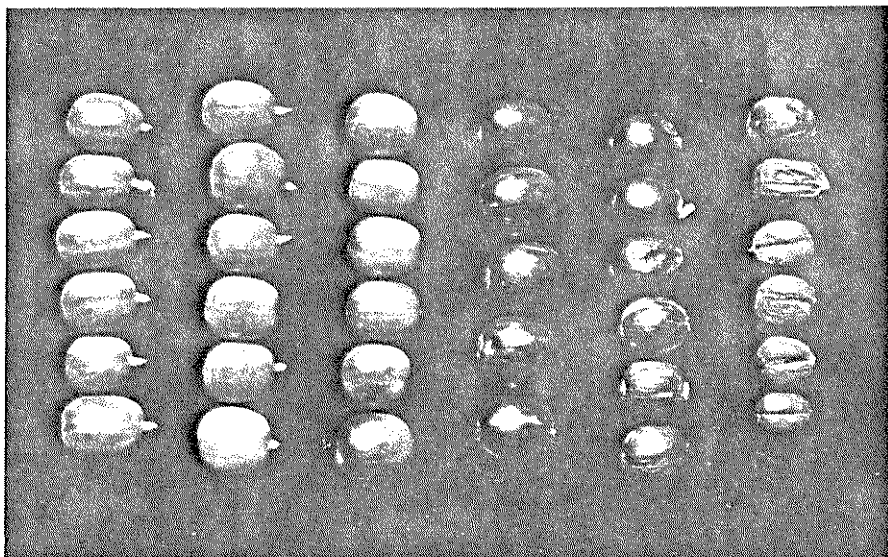


Figura 3 - Classes de maturação utilizadas na classificação dos frutos do café Catuai Vermelho, Mundo Novo e Arábica: verde, verde-amarelo, vermelho-claro, vermelho-escuro, passa e seco.

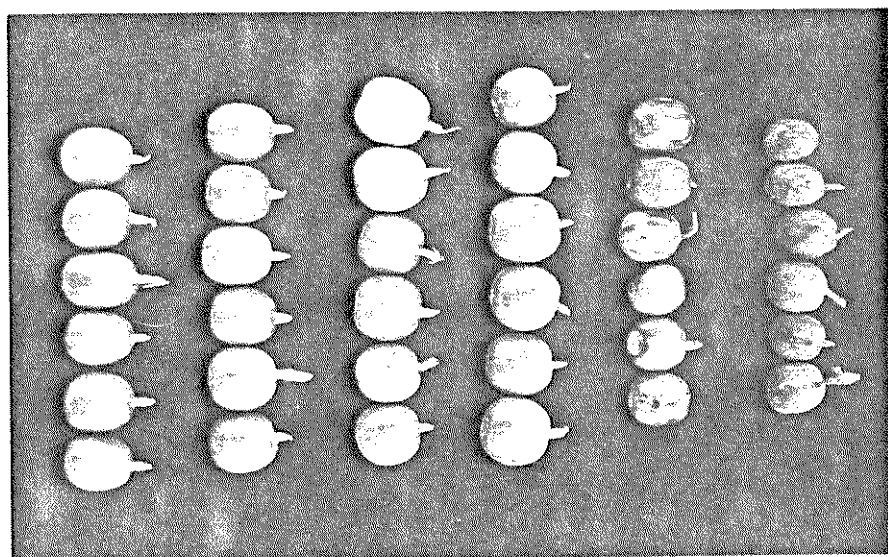


Figura 4 - Classes de maturação utilizadas para o cultivar Bourbon Amarelo: verde, verde-amarelo, amarelo-claro, amarelo-intenso, passa e seco.

no terço superior das plantas.

(29) Os ramos apresentavam número de nós semelhantes.

Com tal procedimento, objetivou-se a diminuição da variabilidade dentro dos tratamentos. Os ramos foram previamente marcados e sorteados para cada tratamento.

As informações sobre as plantas, pertencentes a um ensaio de mecanização da Seção de Café, está explícitas no item 3 da Tabela 1.

6.1. Tratamentos

Soluções contendo fitorreguladores foram pulverizadas em diferentes épocas nos anos de 1981 e de 1982. Em cada época de pulverização, realizavam-se três aplicações com o objetivo de se assegurar maior penetração dos reguladores de crescimento. O pH das soluções foi ajustado para 4,5 por conferir maior estabilidade à forma ativa das giberelinas A_4 e A_7 .

As épocas das pulverizações bem como os fitorreguladores empregados são descritos a seguir:

6.1.a. Ano de 1981: Época I - 14/7, 22/7 e 28/7/81; Época II - 20/8, 28/8 e 4/9/81.

Foram aplicadas soluções de 200 ppm de: (1) giberelinas A_4 e A_7 e (2) giberelinas A_4 e A_7 juntamente com ácido α naftaleno acético (ANA). O controle foi pulverizado apenas com

o veículo dos fitorreguladores, ou seja, solução 0,25% de Triton X-100 em tampão de ácido fosfórico com pH 3,5-3,6.

6.1.b. Ano de 1982: Época I - 20/5, 22/5 e 27/5/82; Época II: 29/6, 30/6 e 1/7/82; Época III: 3/9/82 e Época IV: 17/9/82.

As soluções de fitorreguladores aplicadas nas épocas I e II são discriminadas a seguir: (1) ácido giberélico (GA_3 ; 100ppm); (2) giberelinas A_4 e A_7 (GA_{4-7} ; 50 ppm); (3) gi^{berelinas} A_4 e A_7 + citocinina, N-(fenilmetil)-6 amina-1 H puri^{na} (50 ppm); (4) ácido triiodo benzóico (TIBA, 200 ppm).

Foram utilizados dois tipos de controle. Um de les foi pulverizado com o veículo dos fitorreguladores. O outro controle não recebeu nenhum tipo de pulverização.

Nas épocas III e IV foram aplicadas soluções de 200 ppm dos seguintes fitorreguladores: (1) giberelinas A_4 e A_7 - GA_{4-7} (2) ácido abscísico - ABA e (3) giberelinas A_4 e A_7 + ácido abscísico. O controle foi pulverizado com o veículo dos reguladores de crescimento. Deve-se mencionar que nas pulveriza^{ções} das épocas III e IV havia seis repetições por tratamento, em vez de 10 repetições.

6.2 Avaliação dos tratamentos

Em 1981 foram analisados todos os nós que susten^{tavam} estruturas reprodutivas. Já em 1982, avaliou^{-se} apenas

seis nós de posição 4 a 9, tendo-se o ápice como referência. Os nós foram marcados no início dos experimentos e avaliados, até a florada principal, quanto ao número de gemas florais, flores, chumbinhos, frutos e "perdas" (danos aleatórios e atrofias florais).

Avaliações do desenvolvimento das gemas reprodutivas, de acordo com os padrões da figura 1, foram realizadas anteriormente e após as pulverizações das épocas I e II, em 1982.

Os resultados das avaliações do número de estruturas reprodutivas, expressos sob a forma de percentuais, foram analisados estatisticamente pelo teste de heterogeneidade (MATHER, 1947). Os dados sobre o desenvolvimento reprodutivo foram submetidos à transformação probítica (MATHER, 1947; SOKAL e ROLPH, 1969; LABOURIAU, informação pessoal).

IV. RESULTADOS

1. OBSERVAÇÕES MORFOLÓGICAS SOBRE AS GEMAS AXILARES DE RAMOS PLAGIOTRÓPICOS DE *COFFEA ARABICA*

Nas axilas foliares de ramos laterais de *Coffea arabica* foram observadas 4-5 gemas, inicialmente dispostas em sequência linear (Figura 5). O termo "gemas seriadas" foi sugerido por MOENS (1963) que observou o mesmo padrão de organização ao estudar a espécie *Coffea canephora*. As gemas seriadas formam-se sucessivamente, sendo que a mais desenvolvida da série (G_1) situa-se junto ao eixo do ramo e a mais tardia (G_4 ou G_5) junto à conexão do pecíolo. As gemas G_1 podem originar ramos laterais ou inflorescências (Figura 6). As outras gemas (G_2 , G_3 , G_4 e G_5) raramente desenvolvem-se vegetativamente, podendo formar inflorescências ou permanecer indiferenciadas (Figura 7).

A nível morfológico, as gemas seriadas G_1 foram consideradas vegetativas quando apresentavam-se afiladas, achatadas e constituídas por um único par de primórdios foliares (Figura 1 - estádio 1; Figura 8.a), O primeiro indício morfológico do desenvolvimento reprodutivo foi evidenciado pelo entumescimento das gemas G_1 . Nesta fase, as estípulas já mostravam uma ligeira protuberância em sua superfície, na altura da axila foliar (Figura 1 - estádio 2, Figura 8.b). Um intenso aumento em volume caracterizou a etapa seguinte do desenvolvimento morfológico (Figura 1 - estádio 3). Era comum observar-se, no ápice das gemas, a ocorrência de uma goma de coloração marrom que ao ser hidratada tornava-se branca e aumentava em volume (Figura 8.c). O surgimento de um segundo par de brácteas, em posição oposta

Figura 5 - Gemas seriadas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 situadas em ramos plagiotrópicos de *Coffea arabica* cv. Catuai Vermelho, observadas em 30/3/80. A gema G_1 é nitidamente mais desenvolvida que as demais gemas seriadas.

Figura 6 - Nô de ramo plagiotrópico mostrando gemas seriadas G_1 dando origem a inflorescência (lado esquerdo) e o ramo plagiotrópico secundário (lado direito); Aumento: 1,6x. Material coletado em 17/8/80.

Figura 7 - Esquema de gemas seriadas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 em 17/8/80. Destacam-se as gemas florais das gemas G_1 e G_2 , formando as inflorescências típicas de *Coffea arabica*. Gemas G_3 na fase 4.

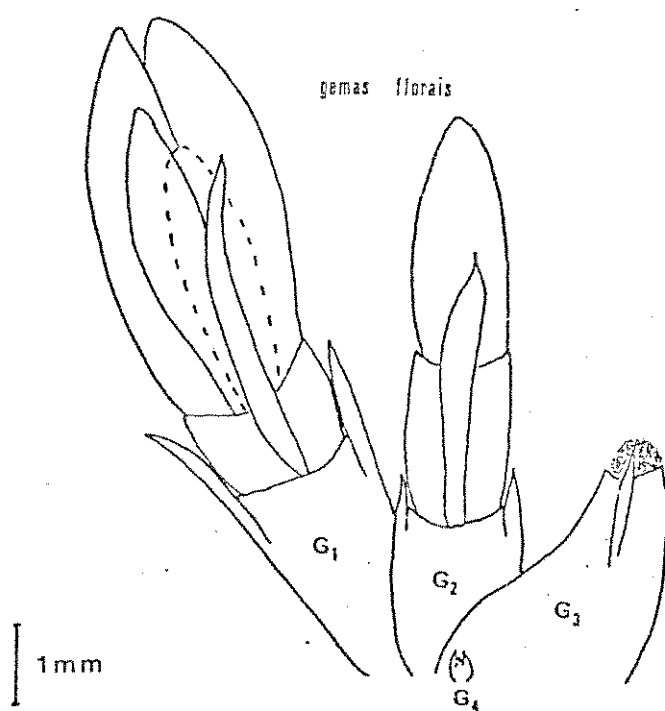
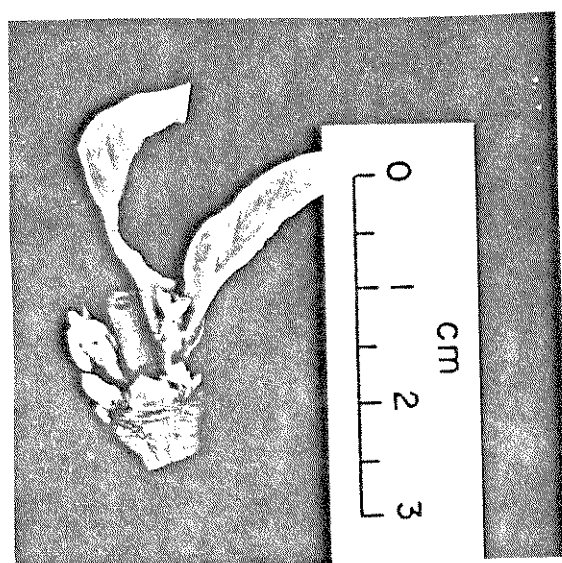
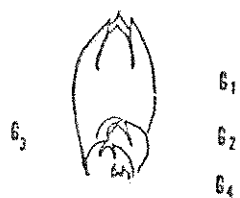


Figura 8 - Estádios morfológicos iniciais das gemas seriadas G_1 desenvolvendo-se reprodutivamente.

- 8a. Aspecto típico de gemas seriadas no estágio 1, ocorrendo em 12/4/80. As gemas G_1 apresentam-se como estruturas achatadas e estreitas. São visíveis as gemas G_2 e G_3 (Aumento: 20x).
- 8b. Gema seriada G_1 no estágio 2, em 12/4/80. Observa-se o entumescimento das gemas G_1 e a presença das demais gemas seriadas: G_2 , G_3 e G_4 . (Aumento: 15x).
- 8c. Gema seriada G_1 volumosa (estágio 3), em 12/4/80. Nesta axila foliar também estão visíveis as gemas G_2 e G_3 . (Aumento: 15x).
- 8d. Gemas seriadas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 observadas em 7/7/80. Nota-se a presença de um segundo par de brácteas em G_1 e G_2 . (Aumento: 5x).



Fig. 8(a)



Fig. 8(b)



Fig. 8(c)



Fig. 8(d)

ao existente , . marcou a etapa seguinte do desenvolvimento reprodutivo (Figura 1 - estádio 4, Figura 8.d). Em alguns casos, este segundo par de brácteas não se apresentou visível externamente. O padrão morfológico modificou-se substancialmente quando as gemas florais emergiram do interior do 2º par de brácteas , formando as inflorescências típicas do cafeeiro (Figura 1 - estádio 5; Figura 9). A partir de então, as alterações morfológicas se deram em função do crescimento e desenvolvimento das gemas florais (Figura 1 - estádios 6 e 7). Existiam, em média , 1-6 gemas florais por inflorescência nas plantas do cultivar Catuai Vermelho estudadas em 1980 e 1981. No entanto, cafeeiros de uma linhagem mais produtiva do mesmo cultivar, que se encontravam com grande produção de flores em 1981, chegaram a apresentar uma elevada frequência de inflorescências contendo 8-10 gemas florais (Figura 10).

Nas condições de Campinas, precipitações de baixa intensidade, a partir de meses de julho-agosto, promoveram pequenas floradas. Nestas ocasiões, foi possível constatar que nem todas as gemas florais de uma única inflorescência abriram na mesma época: Numa estimativa realizada ao final do período de florescimento de 1982, verificou-se que 32,8% das gemas G_1 e G_2 haviam participado de duas floradas diferentes (Tabela 2). As inflorescências contendo botões brancos ou flores abertas foram incluídas no estádio 8 enquanto que as inflorescências que já sustentavam chumbinhos foram classificadas no estádio 9.



Figura 9 - Axila foliar contendo gemas seriadas G_1 , G_2 e G_3 desenvolvendo-se reprodutivamente (7/7/80). Observa-se que a gema G_4 permanece indeferenciada. Destaca-se a gema G_1 por apresentar 3 gemas florais visíveis (estádio 6, Aumento: 5x).

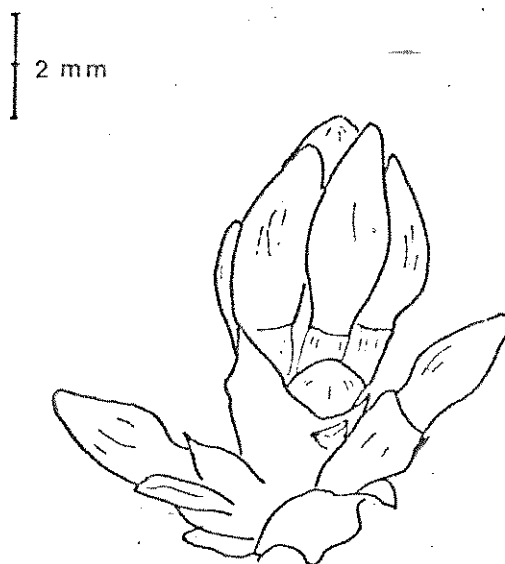


Figura 10 - Esquema de inflorescência de cafeeiro do cultivar Catuai Vermelho apresentando 8 gemas florais. Observação em 18/9/81. Plantas pertencentes ao Banco de Germoplasma da Seção de Genética do IAC (H-2077-2-5-81).

Tabela 2. Avaliação da uniformidade das gemas G_1 e G_2 na florada principal, em cafeeiros do cultivar Catuai Vermelho (4 anos de idade), em 1982.

Gemas	Notas*			Total gemas (nº)
	1	2	3	
G_1	58,5	38,6	2,8	236
G_2	72,5	27,0	0,4	241
Total	65,5	32,8	1,6	477

* Nota 1 - gemas que participaram de uma florada (apenas flores ou chumbinhos ou frutos na inflorescência).

Nota 2 - gemas que participaram de duas floradas (flores e chumbinhos ou flores e frutos ou frutos e chumbinhos na mesma inflorescência).

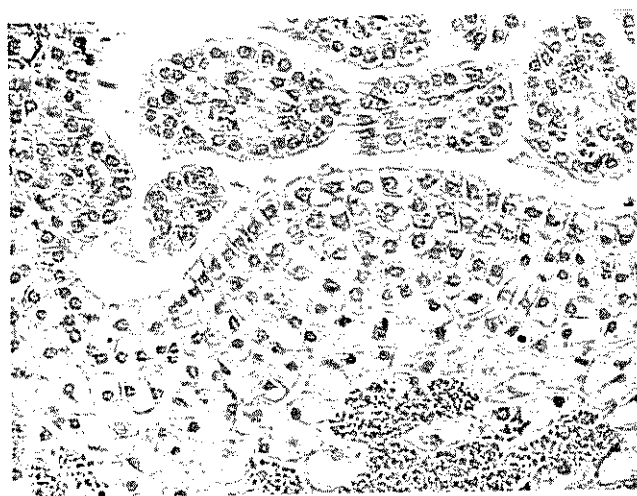
Nota 3 - gemas que participaram de três floradas ou mais (flores, chumbinhos, frutos na mesma inflorescência).

2. ESTUDO HISTOLÓGICO SOBRE A DIFERENCIAÇÃO DE GEMAS REPRODUTIVAS EM *COFFEA ARABICA*

O principal objetivo deste estudo foi identificar a época de transição entre gemas seriadas vegetativas e gemas seriadas reprodutivas, logo após a indução. Para um melhor entendedimento deste estudo, foram estabelecidas seis fases que abrangem as etapas iniciais do processo de diferenciação das gemas reprodutivas. A Figura 11.a apresenta uma gema não diferenciada (fase I), caracterizada pelo ápice tipicamente cônico e estreito, inserido entre os primórdios foliares e estipulares. O padrão de organização de ápices na fase I é do tipo normalmente encontrado nas angiospermas (POPHAM, 1963; ESAU, 1960., Figura 11.b). Estas observações coincidem com os estudos histológicos efetuados por MOENS (1963), em *Coffea canephora*. O alargamento e elevação do domo apical constituem as primeiras alterações histológicas que identificam as gemas induzidas para a fase reprodutiva - fase II (Figura 12.a e 12.b). O alargamento e expansão do domo apical após a indução parece ser um evento amplamente encontrado nos angiospermas (ESAU, 1960; POPHAM, 1963). Os ápices na fase II apresentam, nas regiões laterais, duas áreas de intensa proliferação celular onde predominam divisões periclinais (Fig. 12.b). Estas áreas dão origem aos primórdios do 2º par de brácteas e ao pedicelo da futura inflorescência. A expansão e diferenciação das zonas meristemáticas laterais definiem a fase III (Figura 13). O padrão histológico da fase IV é estabelecido pelo surgimento de primórdios florais nas axilas do primeiro par de brácteas (Figura 14). A fase V caracteriza - se quando o ápice da gema reprodutiva, situado entre as projeções foliares do 2º par de brácteas, começa a diferenciar as regiões meristemáti



(a)

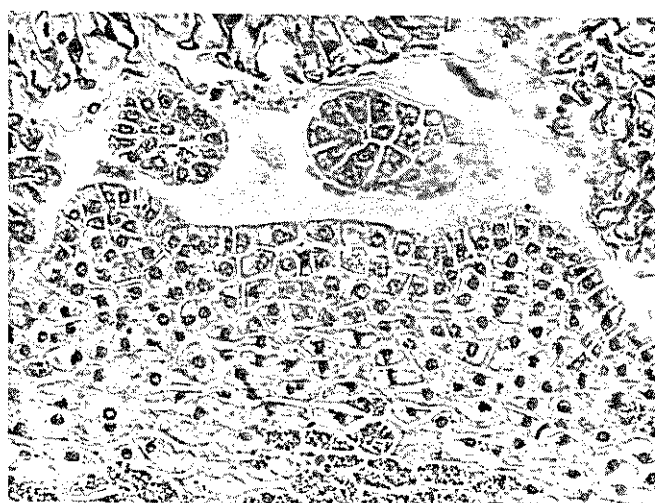


(b)

Figura 11 - Corte histológico de gema G_1 não diferenciada (fase I), em 21/1/1981. 11a. Âpice com formato cônico, situado entre os primórdios foliares. Gema situada no 5º nó, a partir do ápice do ramo lateral. (Aumento: 112x). 11b. Detalhe do ápice meristemático mostrando a túnica bi-seriada. (Aumento: 448x).



(a)



(b)

Figura 12 - Corte histológico de gema G_1 na fase II, em 30/03/80. Gema localizada no 6º nó a partir do ápice do ramo lateral. 12a. Destaca-se o ápice com formato tipicamente tabular, localizado entre o 1º par de brácteas. (Aumento: 90x). 12b. Detalhe do ápice, mostrando dois grupos laterais de células em divisão. (Aumento: 448x).

Figura 13 - Cortes histológicos de gema G_1 na fase III. Destacam-se os primórdios do 2º par de brácteas, originadas a partir dos grupos meristemáticos laterais mostrados na figura anterior. Gema situada no 6º nó a partir do ápice do ramo lateral coletado em 15/3/80. (Aumento: 45x).

Figura 14 - Corte histológico de gema G_1 na fase IV. Nota-se a diferenciação do 2º par de brácteas e a presença dos primórdios florais nas axilas do 1º par de brácteas, indicados pela seta. Gema do 6º nó a partir do ápice do ramo lateral (29/4/80; 56x).

Figura 15 - Fotomicrografia de gema G_1 na fase V. Evidenciam-se os primórdios das gemas florais diferenciando-se na região apical, situado no interior do 2º par de brácteas. Gema localizada no 8º nó do ramo lateral coletado em 29/4/80. (Aumento: 45x).

Figura 16 - Fotomicrografia de gema G_1 na fase VI. Destacam-se grupos meristemáticos, situados nos flancos dos primórdios das gemas florais, que originarão as sépalas e as pétalas. São visíveis dois primórdios florais na axila esquerda do 1º par de brácteas. Gema situada no 7º nó de um ramo lateral coletado em 13/5/80. (Aumento: 45x).



Fig. 13



Fig. 14



Fig. 15



Fig. 16

ticas que formarão as gemas florais (Figura 15). A última etapa de diferenciação histológica identificada em nossas amostras (fase VI) corresponde ao surgimento dos primórdios das sépalas e pétalas nos flancos das protuberâncias meristemáticas das gemas florais (Figura 16).

As Figuras 17.a, 17.b e a Tabela 3 mostram que em janeiro de 1981 e em fevereiro de 1980 o processo de indução e diferenciação já estava em curso. No início de março de ambos os anos, praticamente não havia mais gemas G_1 na fase I, enquanto que o número de gemas nas fases II e III era muito semelhante. Porém, a diferenciação das gemas reprodutivas prosseguiu segundo taxas sensivelmente mais aceleradas no ano de 1980, do que no ano de 1981.

3. CRESCIMENTO DAS GEMAS REPRODUTIVAS EM 1980, 1981 e 1982

3.1. Cultivar Catuai Vermelho

A análise do crescimento reprodutivo das gemas será centralizada na gema G_1 , porque o crescimento das demais gemas da série (G_2 , G_3 , G_4 e G_5) revelou-se dependente e subordinado à gema G_1 (Figuras 18.a, 18.b e 18.c). O crescimento das gemas G_2 , G_3 e G_4 inicia-se posteriormente e, em linhas gerais acompanha as tendências expressas nas curvas da gema G_1 . Portanto, o estudo da gema G_1 constitui um parâmetro adequado e preciso para o entendimento das características do crescimen

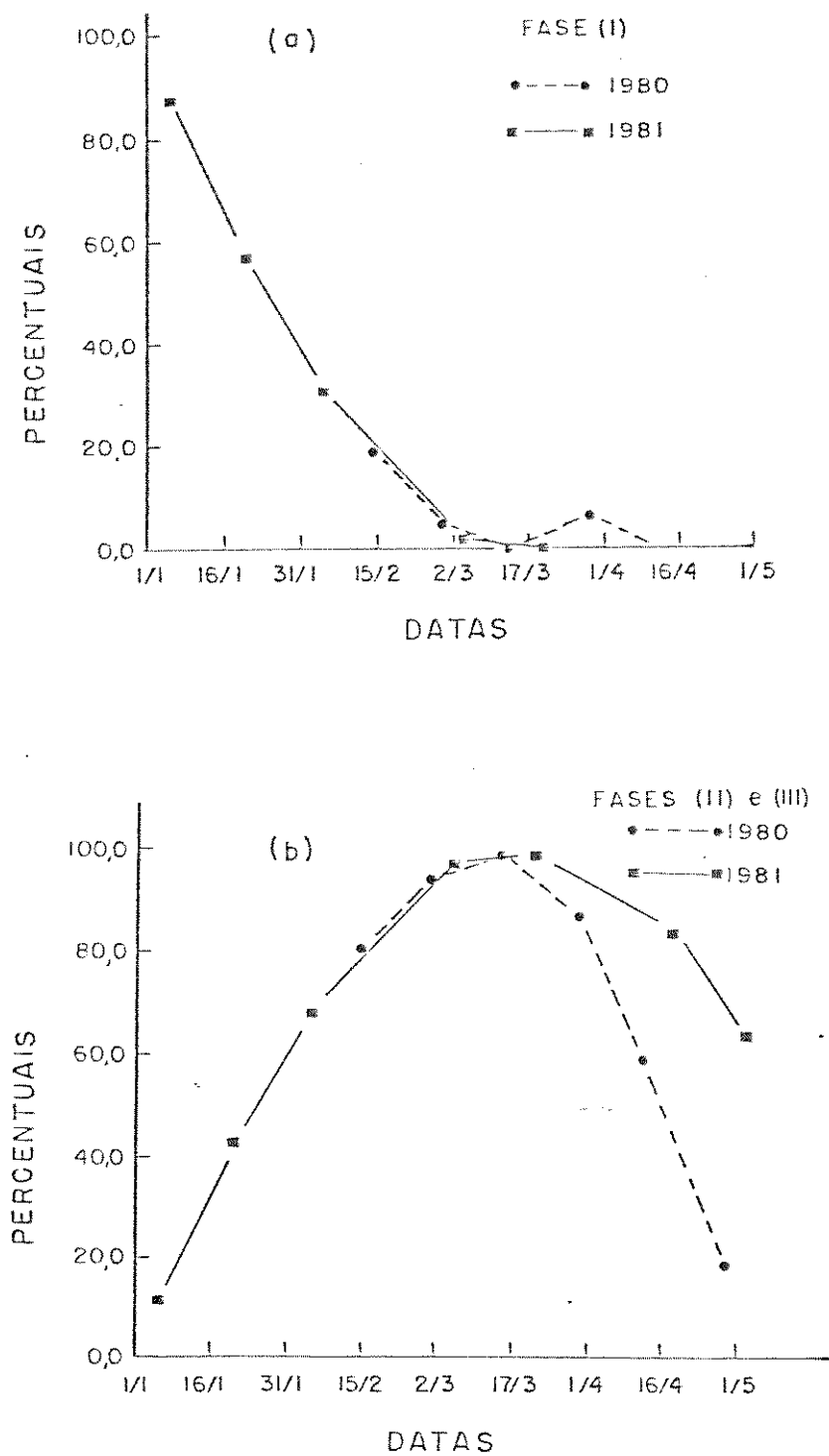
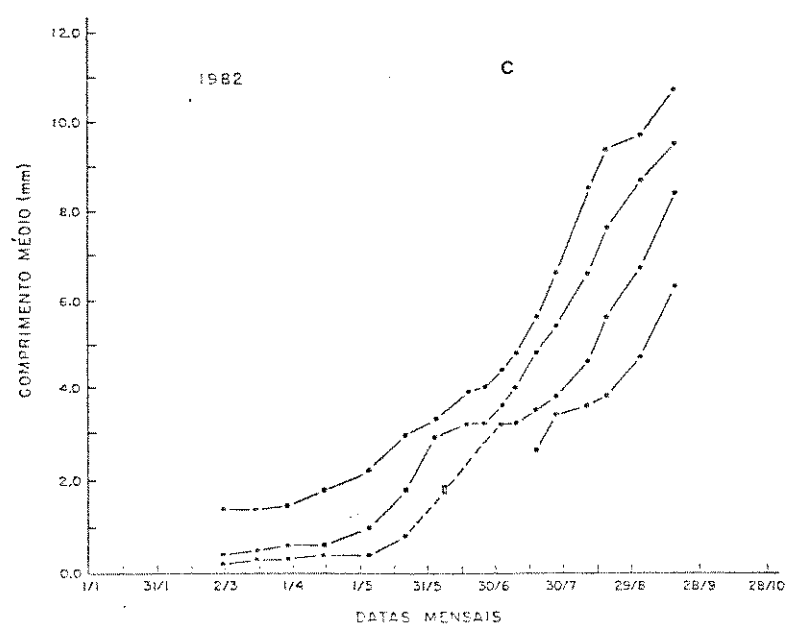
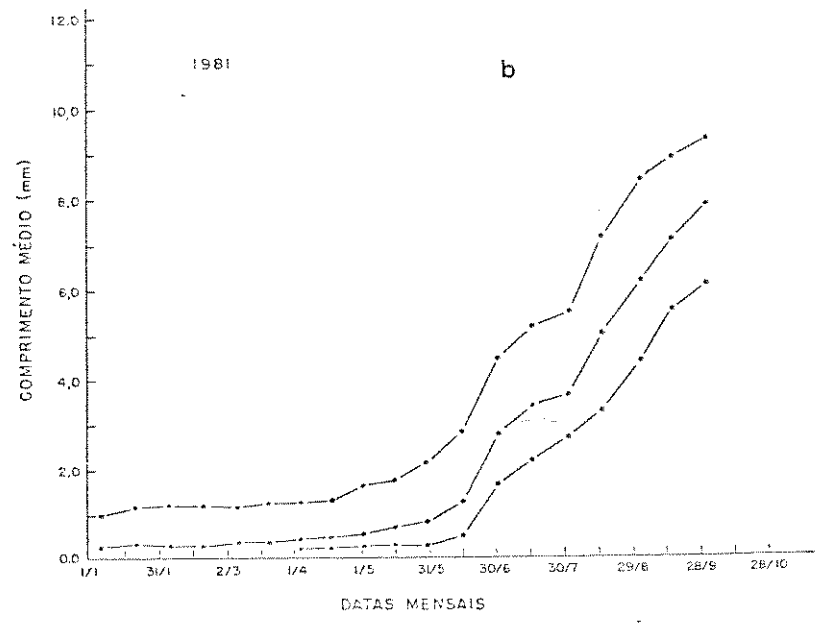
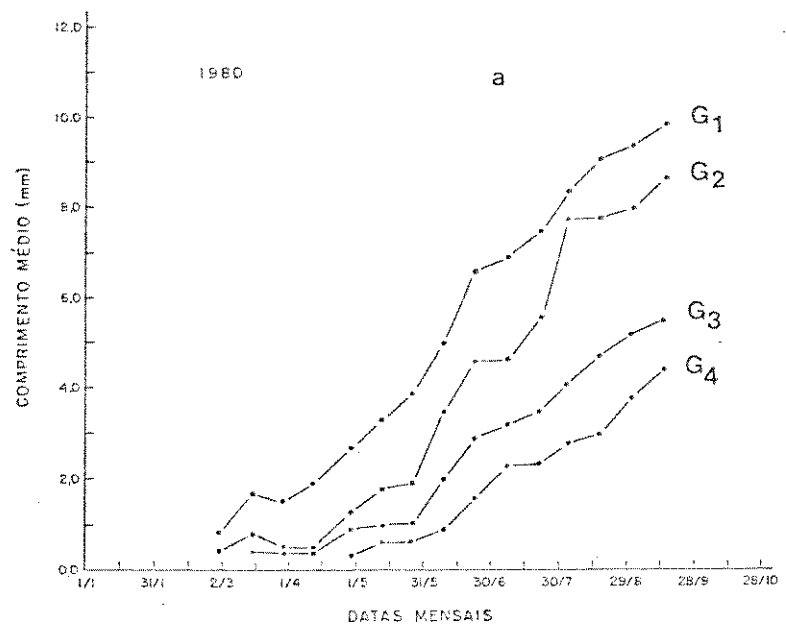


Figura 17 - Gráfico representativo da distribuição percentual das gemas nas fases histológicas iniciais (I;II e III) entre os meses de janeiro e maio de 1980 e 1981. Dados do cultivar Catuai Vermelho. 17a. Curvas dos valores percentuais da fase I. 17b. Curvas dos valores percentuais das fases II e III, somadas. Verificou-se que na 1ª semana de março de 1980 e 1981 praticamente todas as gemas G₁ já haviam sido induzidas.

Tabela 3. Classificação dos estádios de diferenciação histológica da gema G₁ de *C. arabica* cv. Catuai Vermelho nos anos de 1980 e 1981.

Datas	Fases Histológicas (%)						Total gemas (nº)
	I	II	III	IV	V	VI	
6/1/81	82,2	11,8	-	-	-	-	17
21/1/81	57,1	42,9	-	-	-	-	14
15/2/80	19,0	38,1	42,9	-	-	-	21
5/2/81	31,2	31,2	37,6	-	-	-	16
1/3/80	4,8	71,4	23,8	-	-	-	21
7/3/81	2,9	70,6	26,5	-	-	-	34
15/3/80	0,0	37,5	62,5	-	-	-	16
21/3/81	0,0	46,1	53,9	-	-	-	13
12/4/80	0,0	13,3	46,7	33,3	6,7	-	15
18/4/81	0,0	61,5	23,1	7,7	7,7	-	13
29/4/80	0,0	6,7	13,3	53,3	20,0	6,7	15
2/5/81	0,0	17,6	47,1	29,4	5,9	-	17

Figura 18 - Curvas de crescimento das gemas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 em cada época de coleta, até a florada principal .
18a. Ano de 1980 (G_1 , G_2 , G_3 e G_4); 18b. Ano de 1981 (G_1 , G_2 e G_3); 18c. Ano de 1982 (G_1 , G_2 e G_3 , G_4).



to reprodutivo em cada ano agrícola.

A Figura 19 apresenta as curvas de crescimento da gema G_1 , em 1980 e 1981. A defasagem quanto ao início do crescimento assim como nos valores médios de comprimento em períodos correspondentes nos anos de 1980 e 1981 são dois aspectos que se destacam. Tendo-se como referência o ano de 1980, pode-se estimar que houve um atraso no início do crescimento de G_1 em 1981. Apesar das discrepâncias, as curvas de crescimento mostraram tendências semelhantes a partir da 2ª quinzena de maio (13/5 em 1980 e 16/5 em 1981). Nestas datas, as gemas G_1 tinham os seguintes valores médios: 3,3 mm (1980) e 1,7 mm (1981). Em torno do mês de julho, houve um decréscimo acentuado nas taxas de crescimento, sendo que as gemas G_1 mediam 6,6 mm (1980) e 4.4mm (1981) no início desta época. O crescimento acelerou-se novamente no mês de agosto de ambos os anos. Entretanto, a taxa de crescimento foi nitidamente mais acelerada em 1981, indicando que o atraso inicial foi compensado neste período. A última etapa da curva caracterizou-se por uma nova diminuição das taxas de crescimento, sendo que ao final do processo as gemas G_1 atingiram 9,9 mm (1980) e 9,3 mm (1981).

Em 1982, estudou-se outro grupo de plantas do cultivar Catuai Vermelho porque os cafeeiros utilizados nos anos anteriores foram seriamente afetados pela geada de 20/7/1981 (Tabela 1). As curvas de crescimento obtidas nos 3 anos consecutivos são apresentadas na Figura 20. O aumento do comprimento médio das gemas G_1 só foi observado a partir de 30/3/82, quando as gemas possuíam um comprimento médio de 1,5 mm. Dois aspectos se destacam ao se comparar o período de 30/3 a 3/7 de 1982 com épocas

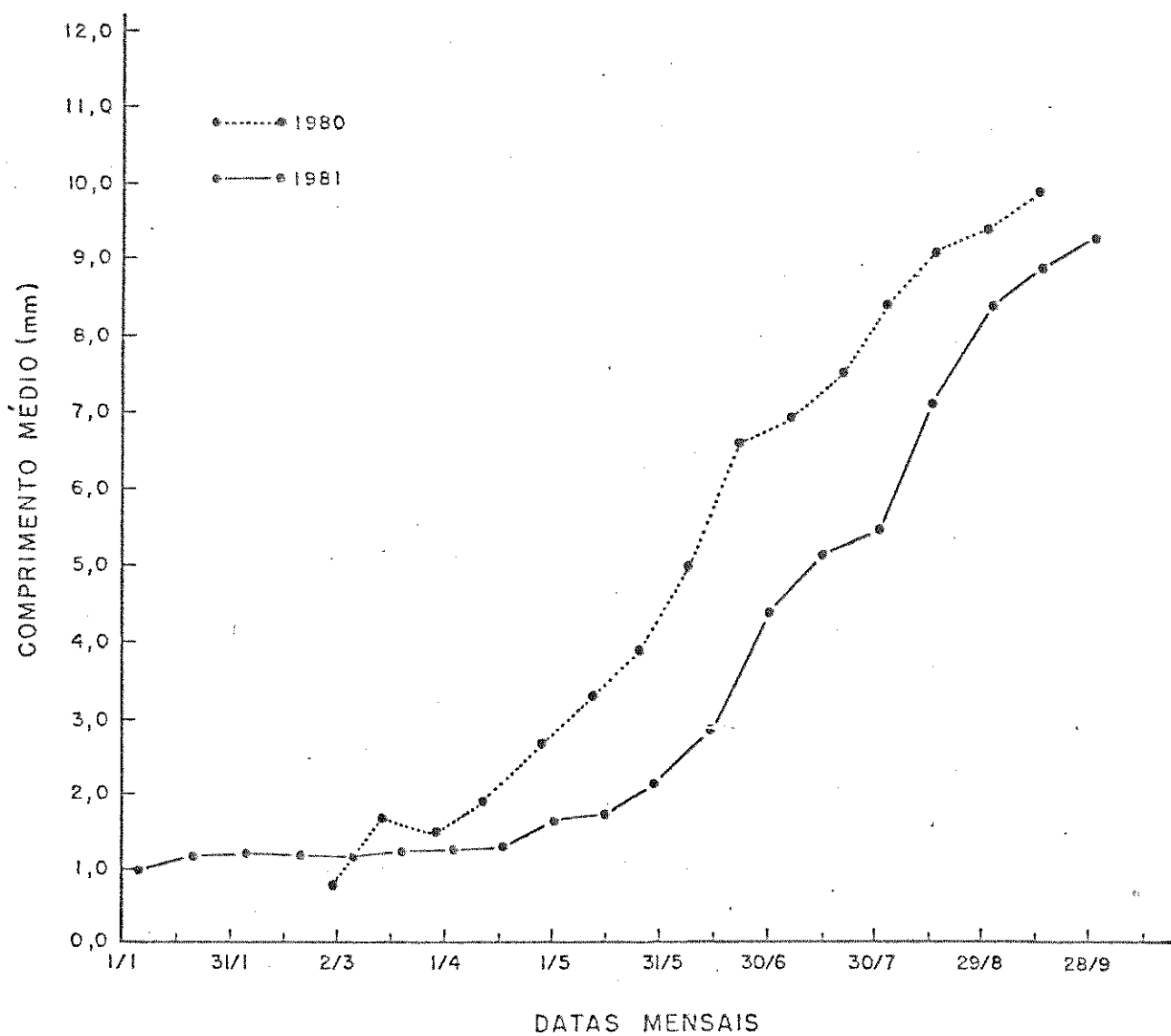


Figura 19 - Curvas de crescimento de gemas seriadas G_1 do cultivar Catuai Vermelho, em 1980 e 1981.

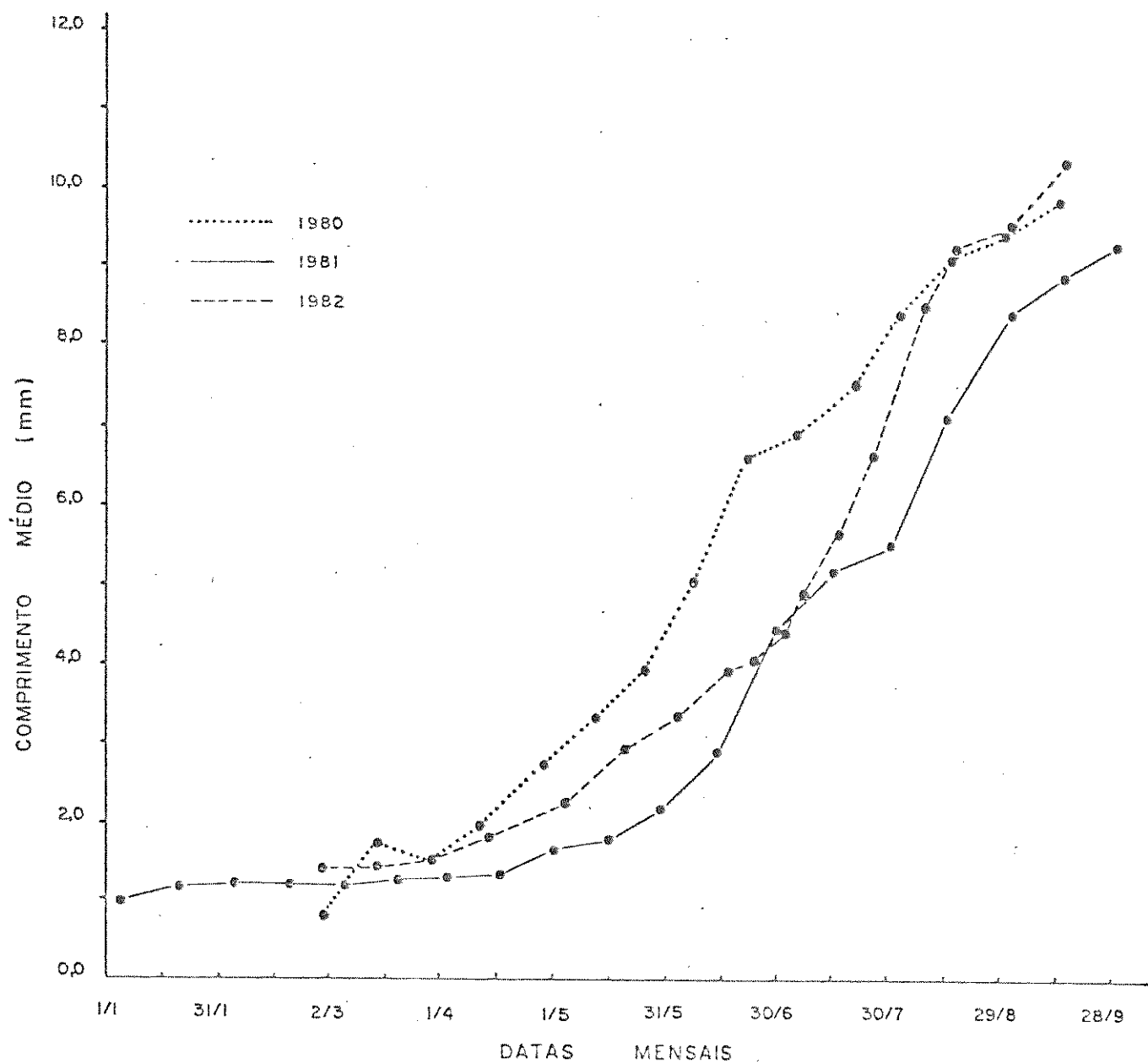


Figura 20 - Crescimento de gemas reprodutivas G_1 , pertencentes ao cultivar Catuai Vermelho, nos anos de 1980, 1981 e 1982.

idênticas dos anos anteriores: (19) a existência de taxas de crescimento e comprimentos médios intermediários em 1982 e (29) a não ocorrência de elevações abruptas nas taxas de crescimento no mês de junho de 1982. Durante o período compreendido entre 3/7 e 18/8 de 1982 o crescimento mostrou-se progressivamente a celerado, assumindo uma tendência nitidamente exponencial, o que contrasta com o que se observou no mês de julho de 1980 e 1981. A taxa de crescimento diminuiu consideravelmente entre 18/8 e 2/9 de 1982, mas aumentou no período seguinte (2/9 a 17/9).

3.2. Cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo

Gemas reprodutivas de plantas dos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo foram avaliadas entre 1/7 e 1/10 de 1981. Cabe destacar que os cafeeiros de cada cultivar localizavam-se em campos experimentais diferentes (Tabela 1). As curvas de crescimento das gemas dos cultivares Catuai Vermelho e Mundo Novo apresentaram comprimento médios e padrões de crescimento muito semelhantes durante todo o período (Figura 21). O cultivar Bourbon Amarelo destacou-se no seguinte: (a) pelos elevados valores médios das gemas G_1 e G_2 ; (b) por ter apresentado curvas caracterizadas por uma taxa de crescimento constante entre 1/7 e 16/8 de 1981 e (c) pelo crescimento zero a partir de 16/8 de 1981.

Em função destes dados preliminares, decidiu-se realizar um estudo comparativo do crescimento das gemas reprodutivas dos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo em 1982 (Figura 22). O crescimento das gemas G_1 pertencentes ao cultivar

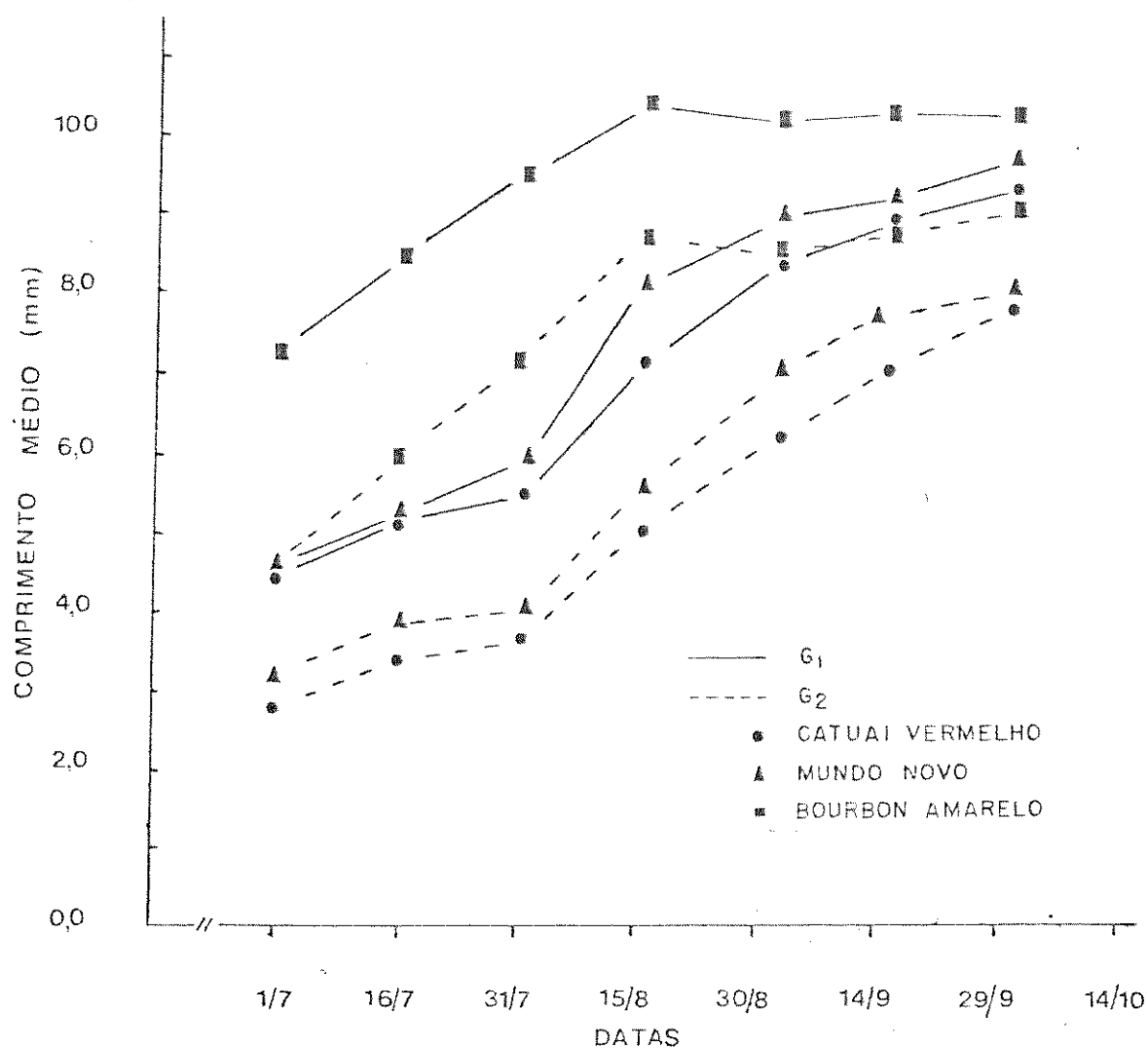


Figura 21 - Curvas de crescimento das gemas seriadas G₁ e G₂ nos cultivares Bourbon Amarelo, Mundo Novo e Catuai Vermelho, em 1981.

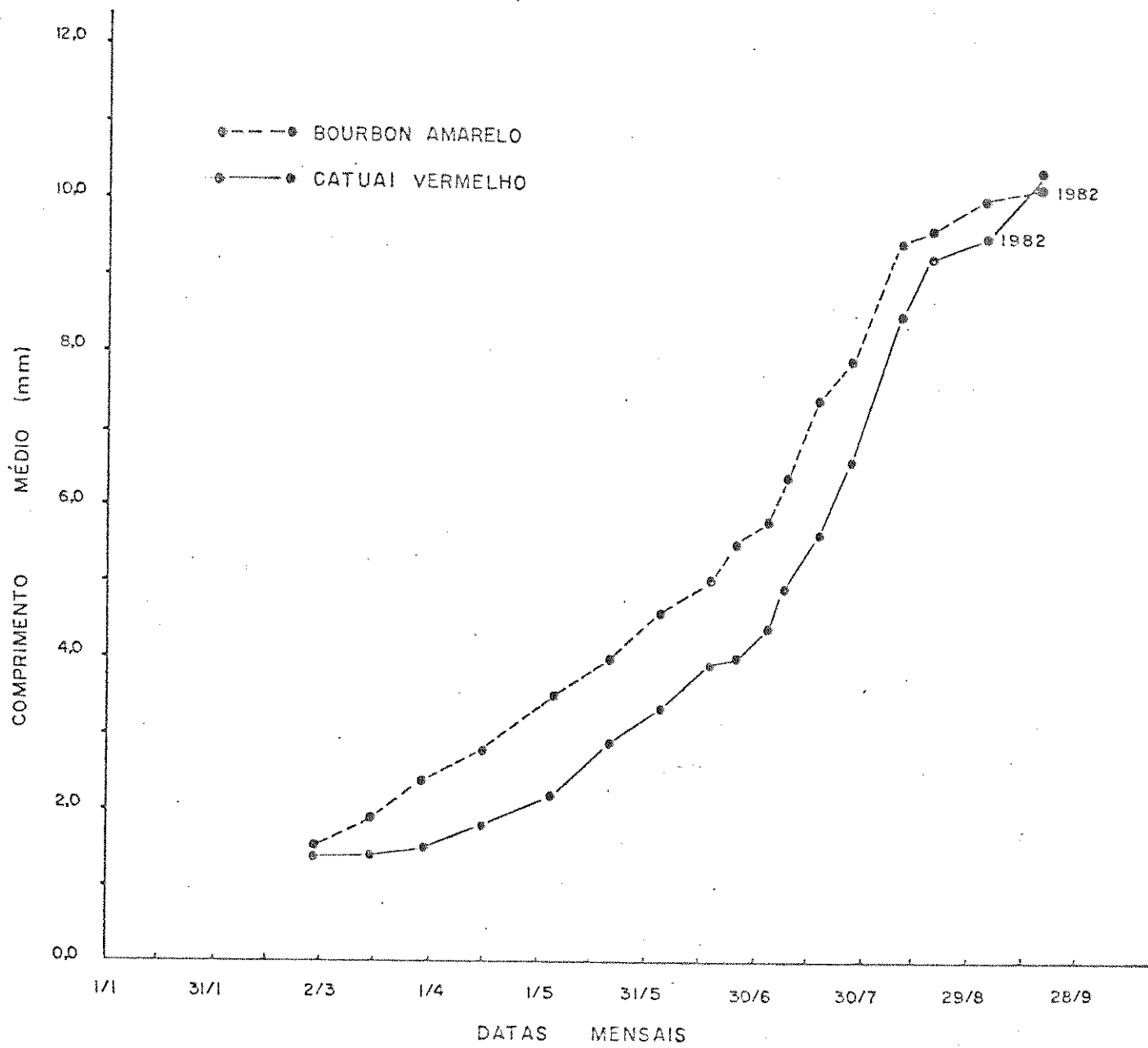


Figura 22 - Gráfico representativo do crescimento das gemas reprodutivas G_1 , nos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo, entre 1/3 e 17/9/82.

Bourbon Amarelo já estava ocorrendo na primeira quinzena de março de 1982. Pode-se, portanto, estimar que houve uma defasagem de cerca de 1 mês quanto ao início do crescimento reprodutivo entre os cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo. As taxas de crescimento das gemas G_1 nos cafeeiros de Bourbon Amarelo superaram taxas observadas para o Catuai Vermelho até 5/5/82. As curvas demonstraram tendências semelhantes entre 5/5 e 3/7/82.. A partir desta data, houve uma grande aceleração do crescimento das gemas G_1 em ambos os cultivares, sendo que as taxas de crescimento foram maiores em Catuai Vermelho. Houve acentuado declínio do crescimento entre 10/8 e 17/9/82, nos cafeeiros Bourbon Amarelo.

4. DESENVOLVIMENTO DAS GEMAS REPRODUTIVAS EM 1980, 1981 e 1982

4.1. Cultivar Catuai Vermelho

As observações morfológicas realizadas em 1980 mostraram que a grande maioria das gemas G_1 já encontravam-se na fase de inflorescência (estádios 5 e 6) no final do mês de junho. A partir de 1/7 de 1981, as transformações morfológicas foram estimadas com maior precisão através do emprego dos padrões descritos na Figura 1. Tentou-se elaborar uma classificação estruturada em aspectos morfológicos bem caracterizados que pudesse ser facilmente empregada nos trabalhos de campo.

Constatou-se que, em 1/7/1981, 69,8% das gemas G_1 en

contravam-se no estágio 4 (Figura 23.a), enquanto que os estádios 3 e 5 correspondiam, respectivamente, a 13,0% e 12,9% do total das gemas G_1 analisadas. Transcorrido um mês (1/8/1981), o estágio 4 ainda mantinha um elevado valor percentual (45,3%), mas cerca de 47% das gemas G_1 formavam inflorescências distribuídas da seguinte forma: 20,5% no estágio 5; 23,1% no estágio 6 e 3,4% no estágio 7 (Figura 23.b). Durante o mês de agosto os percentuais dos estádios 3, 4 e 5 declinaram rapidamente. Assim, em 2/9/81, cerca de 76,9% das gemas G_1 concentravam-se nos estádios 6 e 7. Ao mesmo tempo, aproximadamente 12% das gemas G_1 apresentavam botões florais (estádio 8 - Figura 23.c). A Figura 24 revela que as alterações morfológicas foram particularmente acentuadas entre 1/8 e 16/8 de 1981. Em 1/10/81, 82,1% das gemas G_1 encontravam-se no estágio 7; 2,7% apresentavam flores e 11,6% possuíam chumbinhos (Figura 23.d). A florada principal ocorreu em 12/10/81.

Os percentuais do estágio 1 e das etapas iniciais do desenvolvimento reprodutivo - estádios 2 e 3 - obtidos no ano de 1982, são mostrados na Figura 25.a. Durante o mês de março a fase 1 manteve-se amplamente majoritária, correspondendo a 80,8% e 69,1% das gemas G_1 em 1/3 e 30/3, respectivamente. A taxa de declínio dos percentuais do estágio 1 permaneceu constante no mês de abril (30/3 a 5/5/82), mas aumentou consideravelmente entre 5/5 e 4/6/82. Gemas G_1 no estágio 1 não foram mais encontradas em 18/6/82. As curvas dos estádios 2 e 3 mantiveram tendências perfeitamente simétricas à do estágio 1 até 5/5/82, quando apareceram as primeiras gemas no estágio 4 (Figura 25.b). Desta data em diante, houve um rápido aumento no percentual do estágio 4 que atingiu valor máximo em 3/7/82 (ca. de 60% das ge

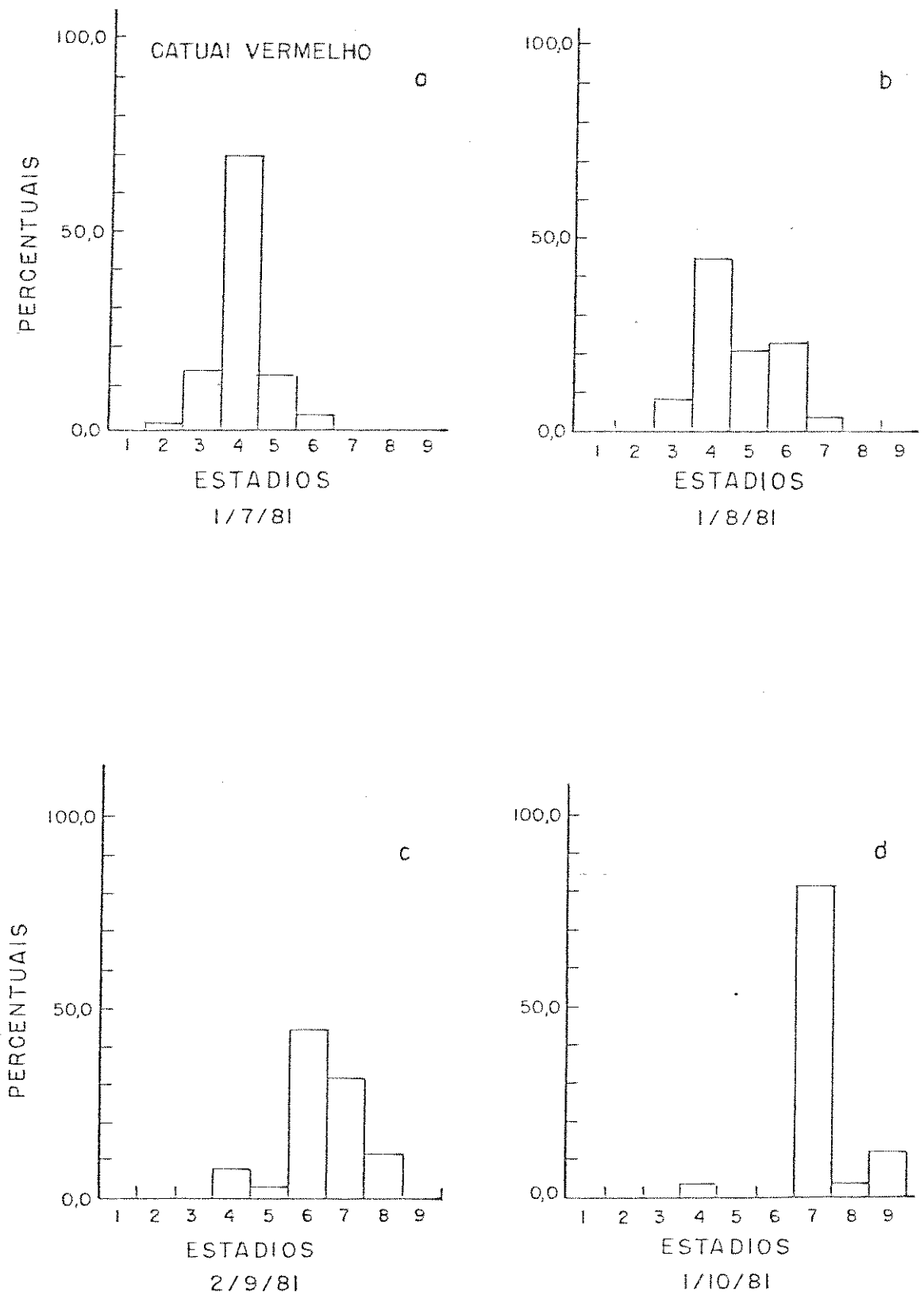


Figura 23 - Histogramas da distribuição percentual dos estádios de desenvolvimento reprodutivo no cultivar Catuai Vermelho, 1981; (a) 1/7/81; (b) 1/8/81; (c) 2/9/81 e (d) 1/10/81.

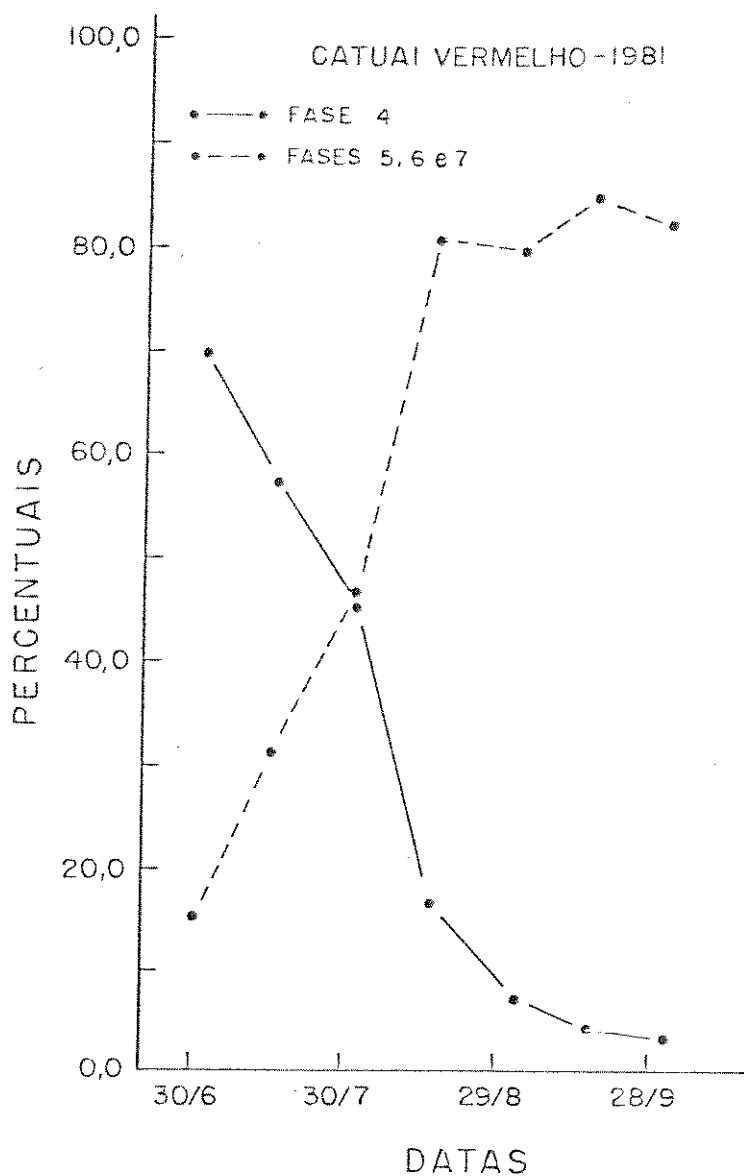


Figura 24 - Curvas da distribuição percentual do estágio 4 e dos estádios 5, 6 e 7 no período compreendido entre 1/7 e 1/10/81.

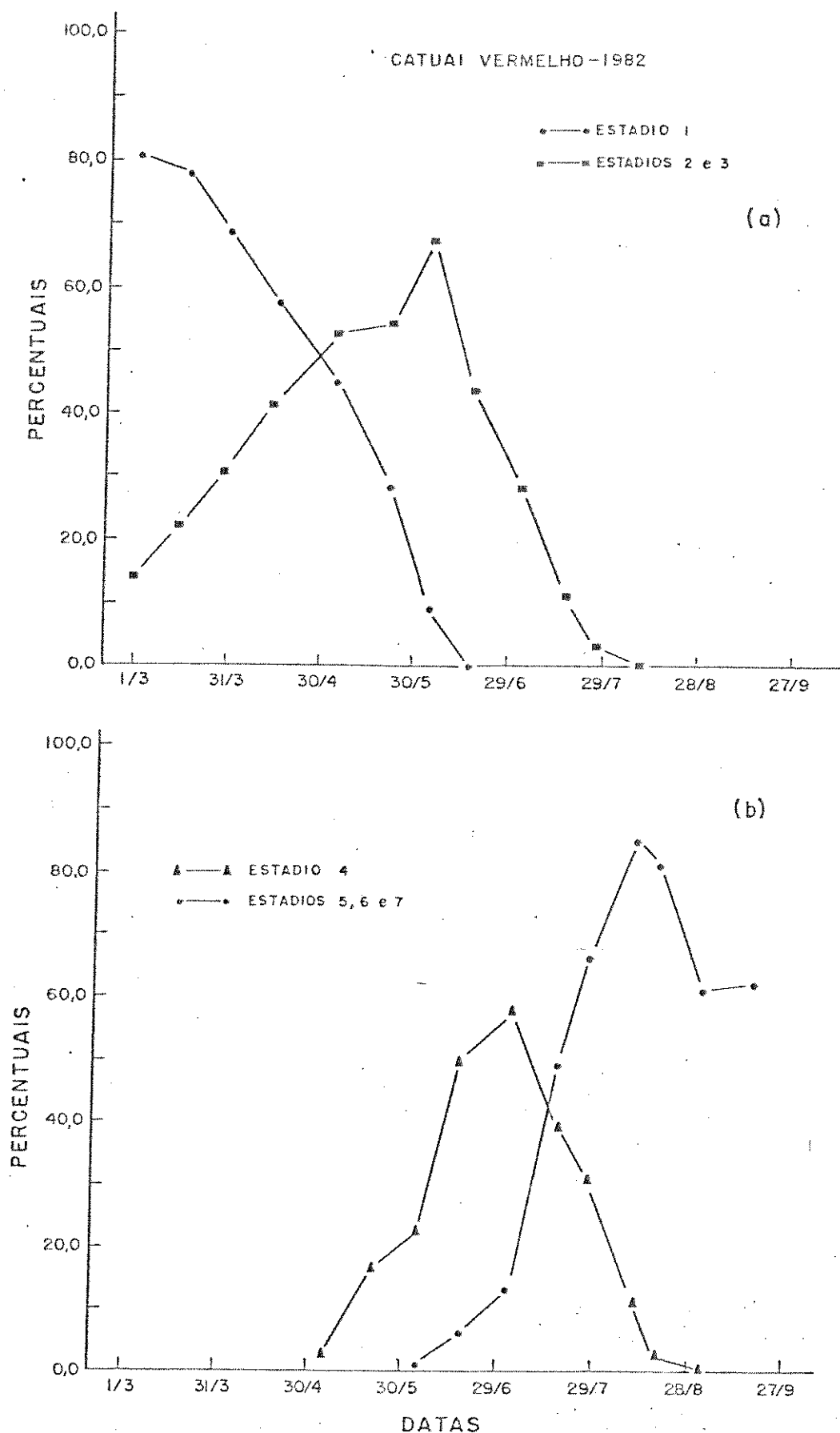


Figura 25 - Gráfico das fases de desenvolvimento morfológico de gemas G_1 desenvolvendo-se reprodutivamente, no ano de 1982. 25a. Percentuais da fase 1 e das fases 2 e 3. 25b. Percentuais da fase 4 e das fases 5, 6 e 7 somadas.

mas G_1). Ainda assim, aproximadamente 26% das gemas encontravam-se no estágio 3. A formação de inflorescências (estádios 5, 6 e 7) progrediu de forma bastante acelerada entre 3/7 e 10/8/82, passando de 13,7% a 85.1% (Figura 25.b). O decréscimo dos valores percentuais dos estádios 5, 6 e 7 entre 10/8 e 17/9/82, foi com sequência da antese de botões florais. Em 17/9/82, cerca de 38,4% das gemas G_1 haviam produzido flores. A maioria das gemas (61,4%) participou da florada principal de 1982 (10/10/82). Os histogramas contidos na Figura 26 mostram mais detalhadamente a distribuição percentual dos estádios morfológicos no período de 3/7 a 17/9 de 1982.

4.2. Estudo comparativo dos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo

As Figuras 27.a e 27.b mostram as curvas dos estádios morfológicos de gemas reprodutivas pertencentes a cafeeiros dos cultivares: Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo, em 1981. Inicialmente, verifica-se que o Bourbon Amarelo encontrava-se consideravelmente mais adiantado que os outros cultivares. Em 1/7/1981, 71.3% das gemas G_1 de Bourbon, distribuíram-se entre os estádios 5 e 6. Na mesma época, o estágio 4 apresentava-se majoritário nas plantas de Catuai Vermelho (69,8%) e Mundo Novo (79,8%). Durante o mês de julho, o declínio dos valores percentuais da fase 4 foi mais acentuado em Mundo Novo. No início de agosto (1/8/1981), os estádios 5 e 6 totalizavam 47% das gemas G_1 em Catuai Vermelho enquanto que, em Mundo Novo 74,7% das gemas distribuíram-se entre os estádios 5, 6 e 7 (Figura 28). Os cafeeiros Bourbon Amarelo apresentavam cerca de 64% das gemas

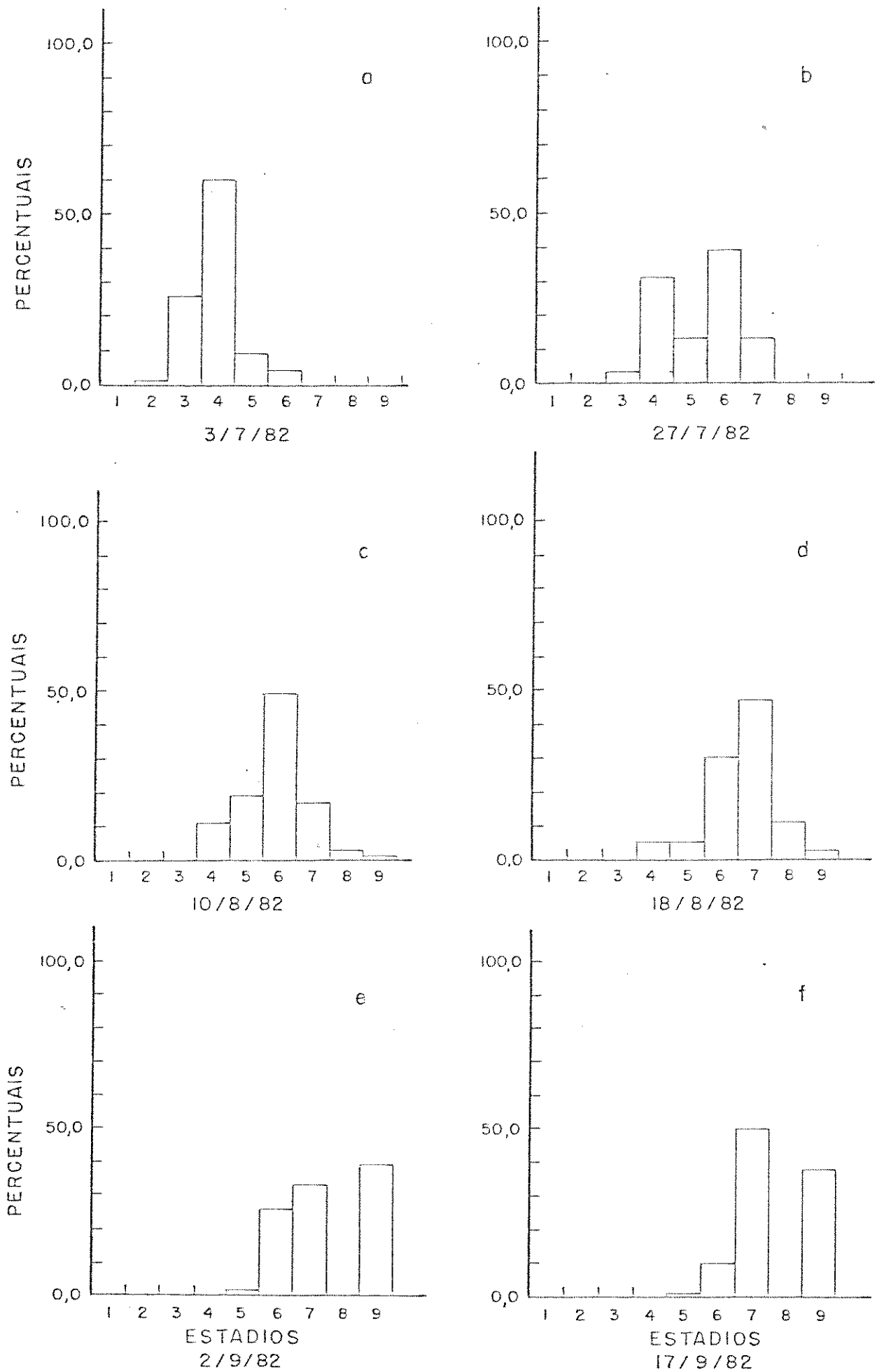


Figura 26 - Histogramas representativos da distribuição percentual dos estádios morfológicos de gemas G_1 reprodutivas do cultivar Catuai Vermelho, entre 3/7 e 17/9/82.

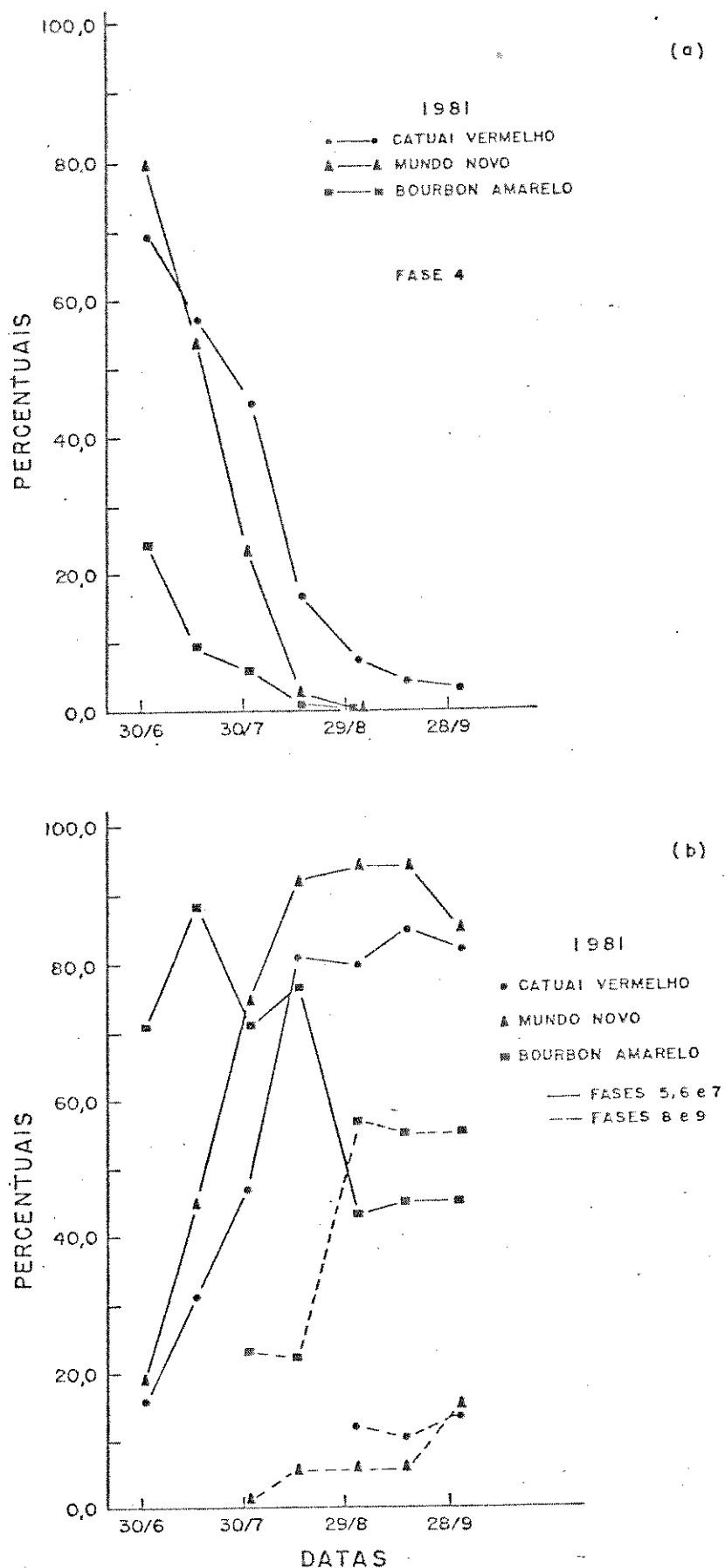


Figura 27 - Curvas dos valores percentuais dos estádios morfológicos de gemas G_1 reprodutivas pertencentes a cafeeiros dos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo, entre 1/7 e 1/10/81. 27a. Percentuais da fase 4. 27b. Percentuais das fases 5, 6 e 7; 8 e 9.

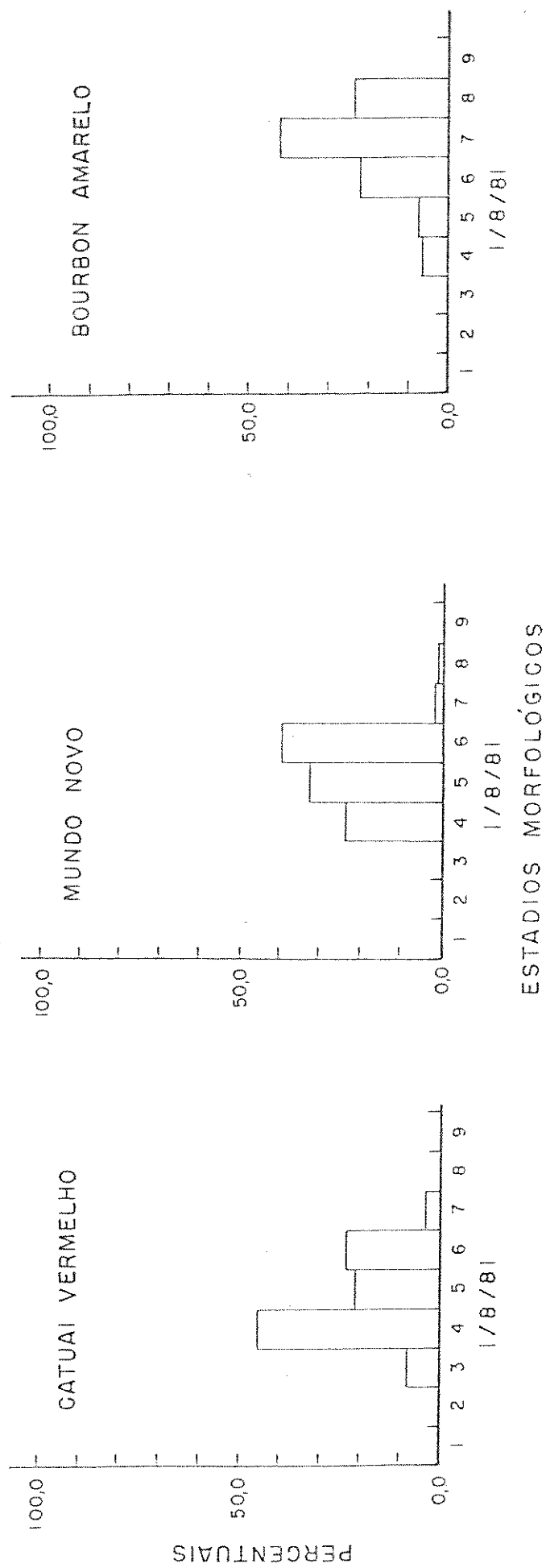


Figura 28 - Distribuição percentual dos estádios morfológicos de gemas dos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo em 1/8/81.

nos estádios 6 e 7 e flores em 22,8% das inflorescências (Figura 28). O atraso das plantas de Catuai Vermelho foi abruptamente reduzido entre 1/8 e 16/8/81 (Figura 24 e Figura 27). Na última data de avaliação (1/10/81), os percentuais dos estádios morfológicos de Catuai Vermelho e Mundo Novo atingiram valores semelhantes, sendo que a grande maioria das gemas encontravam-se no estágio 7 (82,1% e 71,7%, respectivamente). Na cultivar Bourbon Amarelo, existiam chumbinhos em 55% das gemas G_1 , restando somente 45% para a época da florada principal de 1981 (Figura 27.b).

Os resultados do estudo comparativo entre as cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo, em 1982, estão sintetizados nas Figuras 29, 30 e 31. Já em 1/3/82, os cafeeiros Bourbon Amarelo apresentavam menor quantidade de gemas no estágio 1 (67,5%; Catuai Vermelho - 80,8%; Figura 29). O surgimento dos estádios 2 e 3 foi sensivelmente mais rápido em Bourbon Amarelo, o que acentuou ainda mais as diferenças entre os dois cultivares. Na avaliação de 15/4/82, o estágio 1 correspondia a apenas 5,0% do total de gemas G_1 em Bourbon Amarelo, enquanto que 58,3% das gemas de Catuai Vermelho permaneciam no estágio 1 (Figura 29). Os valores percentuais máximos do estágio 4 foram atingidos em 18/6/82 na cultivar Bourbon Amarelo (65,0%) e em 3/7/82 no cultivar Catuai Vermelho (60,0%; Figura 30). Apesar da defasagem entre as cultivares não ter desaparecido até a época da florada principal, observou-se uma substancial diminuição das diferenças entre 4/6 e 18/6 (Figura 30) e entre 3/7 e 10/8/82, quando houve intensa formação de inflorescências (fases 5, 6 e 7; Figura 31). Em 17/9/82, cerca de 62,0% das gemas G_1 de Catuai Vermelho encontravam-se no estágio 7 e 38,0% das inflorescências

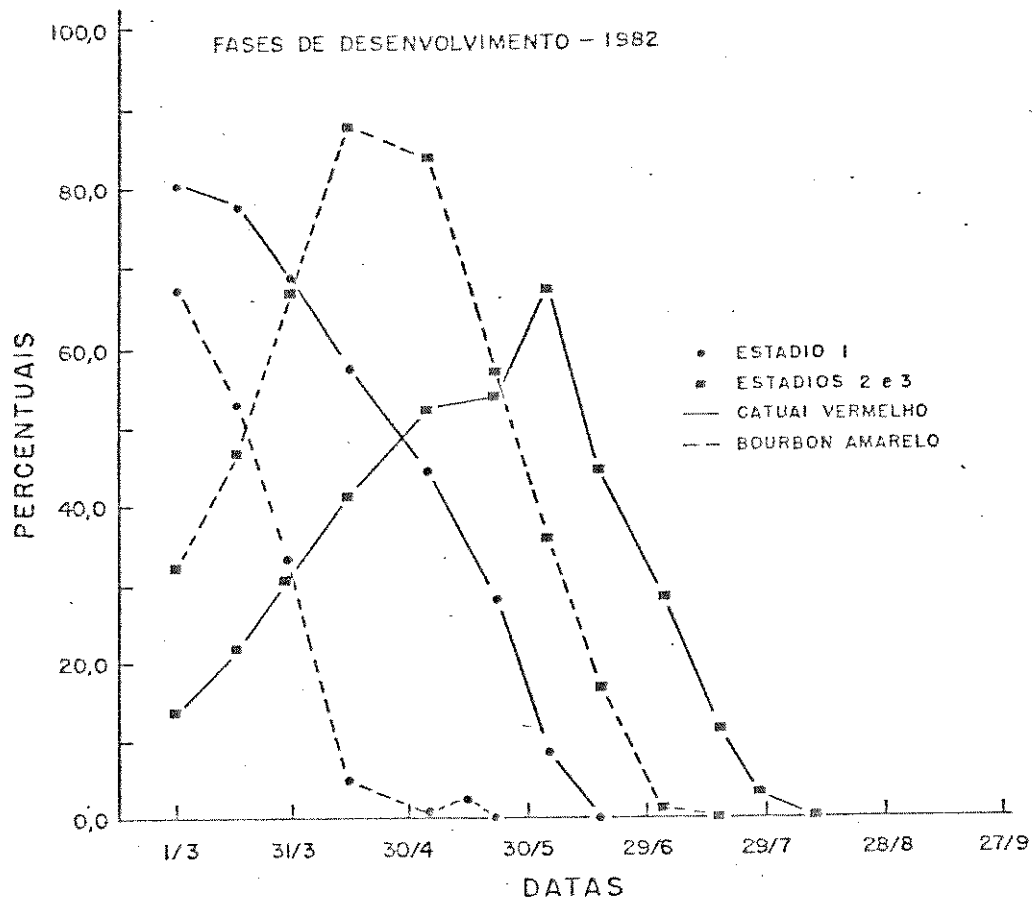


Figura 29 - Curvas dos percentuais do estágio morfológico 1 e dos estádios 2 e 3 (gemas G_1) em cafeeiros dos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo durante o desenvolvimento reprodutivo de 1982.

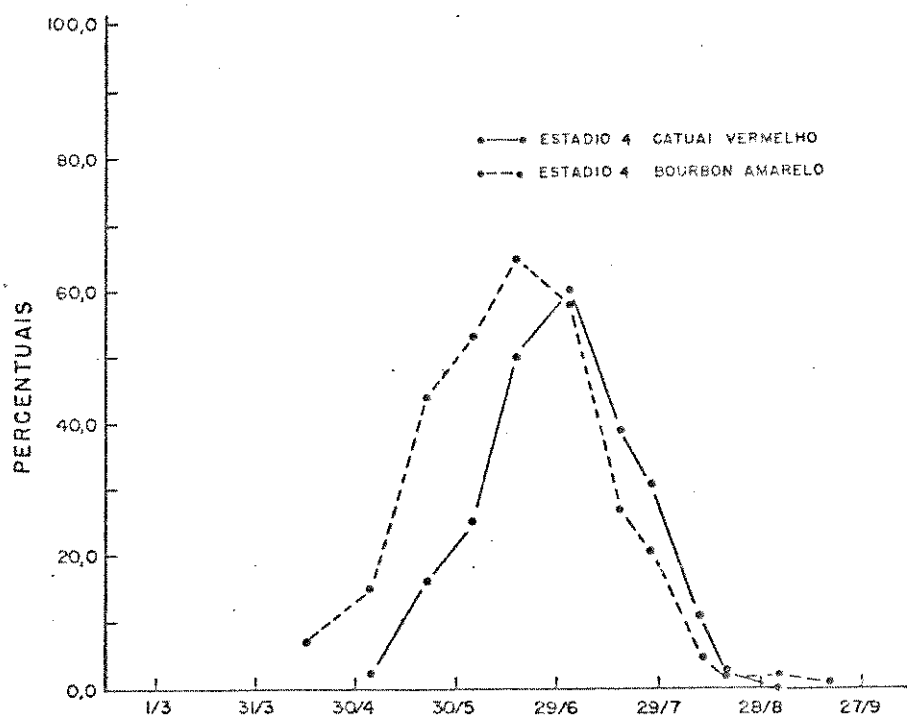


Figura 30 - Curvas dos valores percentuais do estágio 4 (gemas G_1) em cafeeiros dos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo, em 1982.

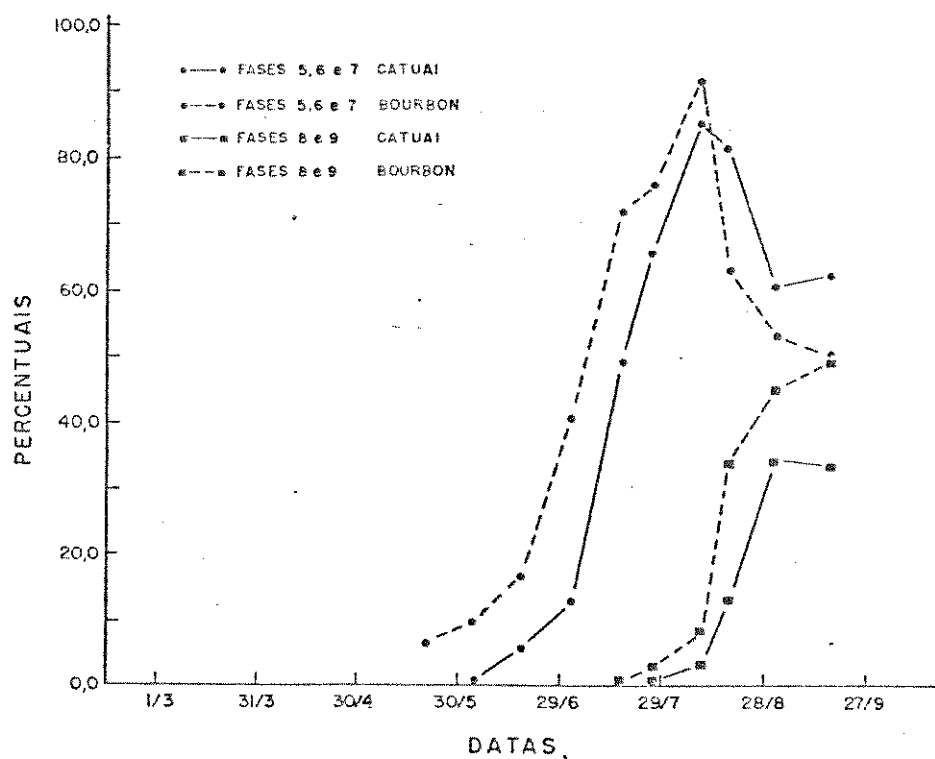


Figura 31 - Curvas dos valores percentuais das gemas G_1 nos estádios 5, 6 e 7 e nos estádios 8 e 9 em plantas de Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo durante o ano de 1982.

continham chumbinhos. O cultivar Bourbon Amarelo apresentava a proximadamente 50,0% das gemas no estágio 7 e 49% nos estádios 8 e 9 (Figura 31).

4.3. Transformação Probítica dos Dados

A distribuição percentual dos estádios morfológicos pode ser transformada através de uma técnica estatística que permite estimar o estágio médio e o desvio padrão em cada época. Admitindo-se que a frequência de distribuição dos estádios florais seja normal, pode-se empregar a transformação probítica. Esta técnica permite transformar uma ogiva de frequência acumulada numa reta, tornando possível a obtenção da média e do desvio padrão a partir dos valores percentuais (SOKAL & ROLFH, 1969; LABOURIAU, informação pessoal).

Os valores médios dos estádios morfológicos de plantas dos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo, entre 1/7 e 1/10/81, estão plotados no gráfico da Figura 32. As curvas obtidas acompanham as tendências das curvas de crescimento das gemas G_1 , mantendo as diferenças entre os três cultivares em estudo (Figura 21 e Figura 32). A comparação entre a distribuição dos valores percentuais dos estádios e o seu respectivo valor médio em cada época, sugere que a transformação probítica resulta em valores subestimados (Figuras 23, 28 e 32).

A Figura 33 apresenta as curvas dos estádios reprodutivos médios (transformação probítica) das plantas de Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo, avaliadas em 1982. Novamente se cons

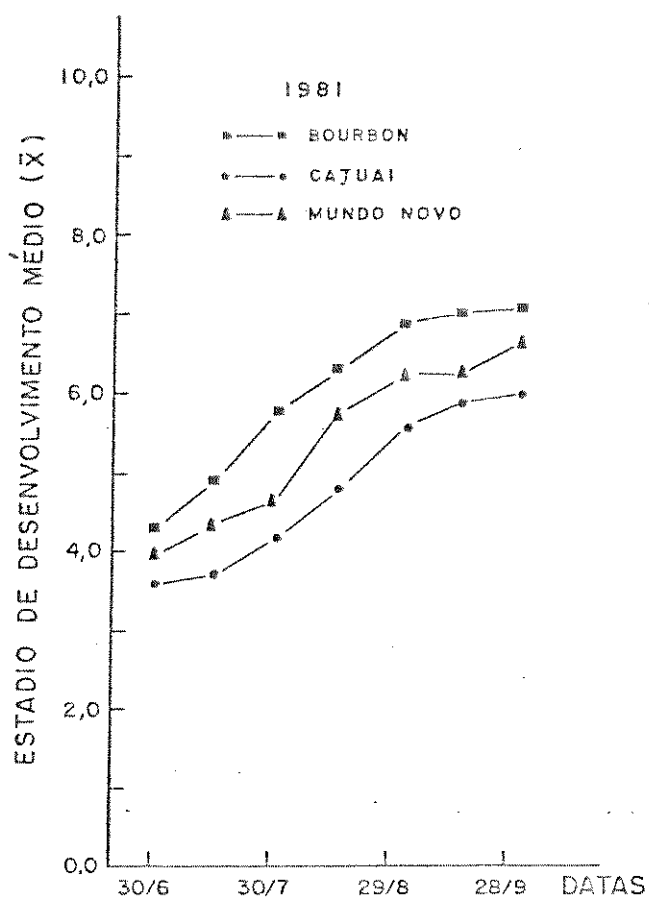


Figura 32 - Curvas dos estádios morfológicos médios, obtidos através da aplicação da transformação probítica sobre as distribuições de frequência das fases de desenvolvimento reprodutivo. Dados dos cultivares Catuai Vermelho, Bourbon Amarelo e Mundo Novo entre 1/7 e 1/10/81.

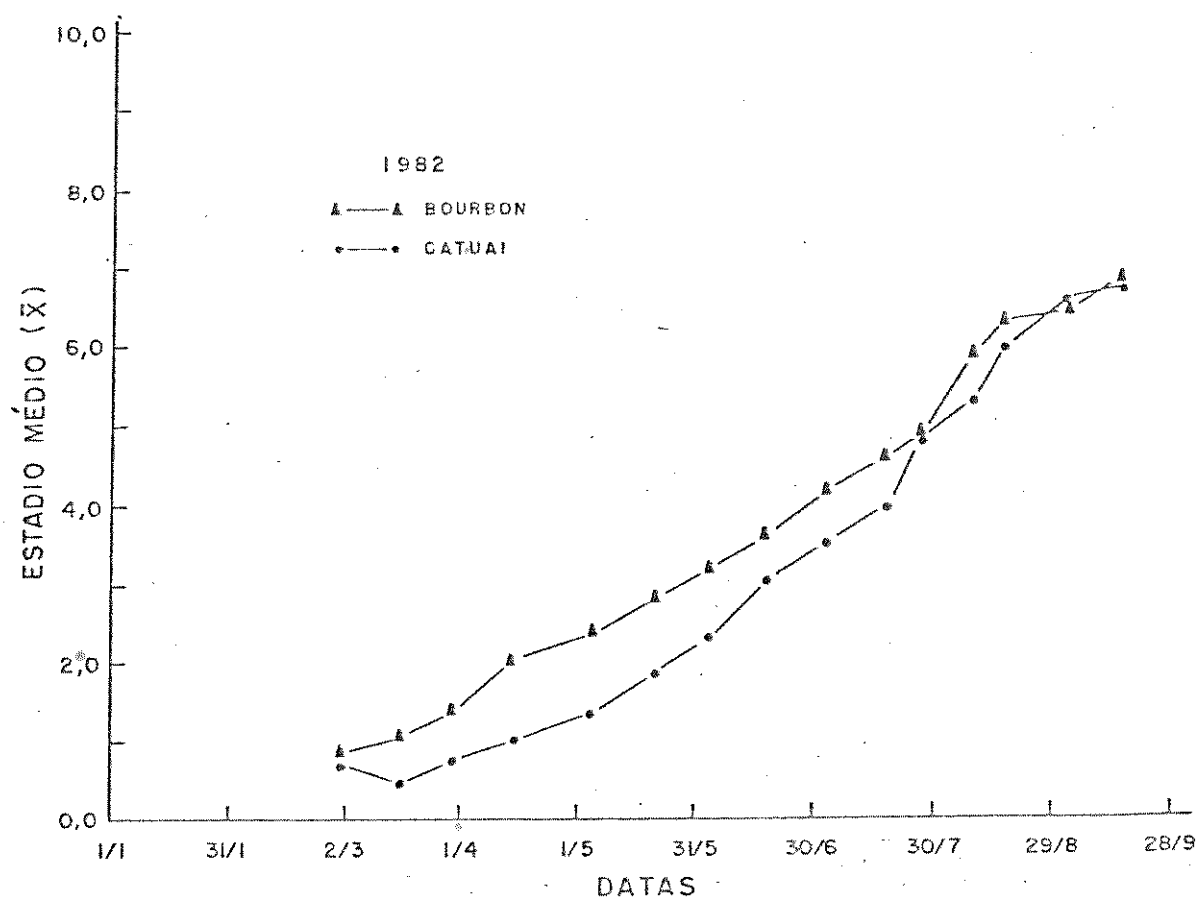


Figura 33 - Curvas dos estádios de desenvolvimento reprodutivo médios ($\bar{x}$) entre 1/3 e 17/9/82, obtidas em cafeeiros dos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo (transformação probítica).

tatou que os valores médios foram subestimados, tendo-se encontrado inclusive valores inferiores a 1 no período de 1/3 a 30/3 de 1982. A maior precocidade de desenvolvimento do cultivar Bourbon Amarelo ficou bem evidenciada neste gráfico. Porém, a pequena defasagem de crescimento da gema G_1 entre os cultivares, mantida na etapa final do processo, não foi discriminada através desta transformação.

5. OBSERVAÇÕES SOBRE O FLORESCIMENTO DE *COFFEA ARABICA* EM 1980, 1981 e 1982

5.1. Florescimento do cv. Catuai Vermelho em 1980

O período de florescimento do cafeeiro arábica, em Campinas, é marcado pela ocorrência de sucessivas floradas entre os meses de agosto e novembro.

No ano de 1980, foram registradas 4 floradas nas plantas de Catuai Vermelho (Tabela 1 e 4). A 1ª florada (24/8/80) resultou da precipitação de 12 mm ocorrida em 16/8/80, tendo uma contribuição de 7,3% (Tabela 4; Figuras 34 e 35). A 2ª florada (3/9/80) correspondeu à abertura de apenas 2,9% do total de botões florais produzidos e esteve relacionada com as chuvas dos dias 23, 26 e 27/8 (21,2 mm). Nas duas floradas, as gemas G_1 foram responsáveis pela maior parte das flores (76,5% - 1ª florada e 83,3% - 2ª florada; Figura 35 e Tabela 4). A 3ª florada (1/10/80) foi caracterizada pela abertura de 62,4% dos botões florais existentes, portanto constituindo a florada principal de

Tabela 4. Florescimento do cultivar Catuai Vermelho em 1980.

Florada	Flores abertas (%)	Contribuição das gemas seriadas em cada florada (%)			
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
1ª (24/08/80)	7,3	76,5	17,6	5,9	-
2ª (03/09/80)	2,9	83,3	16,7	-	-
3ª (01/10/80)	62,4	53,5	33,4	11,9	1,2
4ª (19/10/80)	3,3	33,4	46,5	20,1	-
Total	76,0	56,0	31,7	11,2	1,0
Perdas	18,7				
Restante*	5,3				

* Gemas florais dormentes.

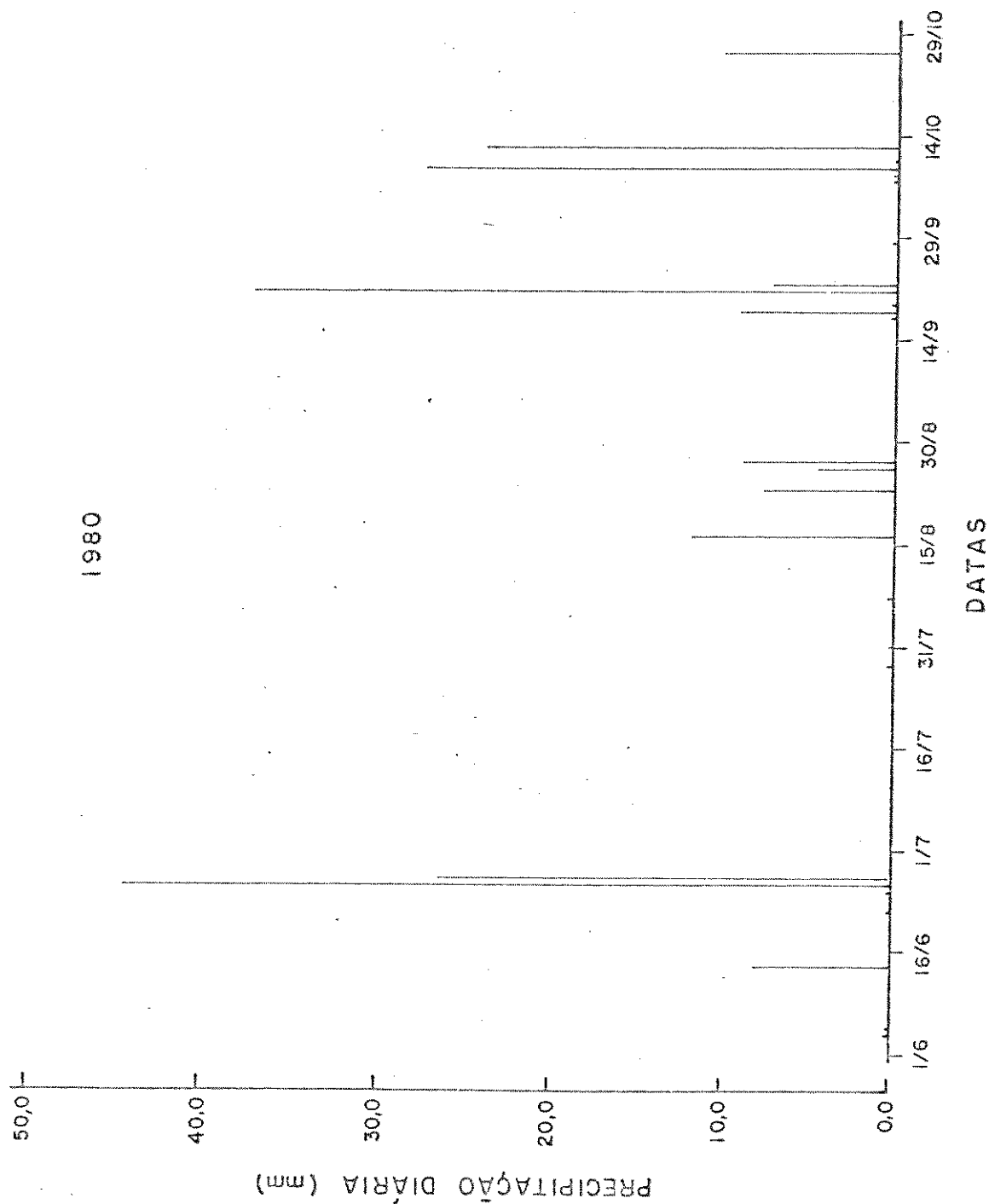


Figura 34 - Precipitação diária (mm) entre 1/6 e 30/10/80. Dados do Centro Experimental de Campinas (Seção de Climatologia).

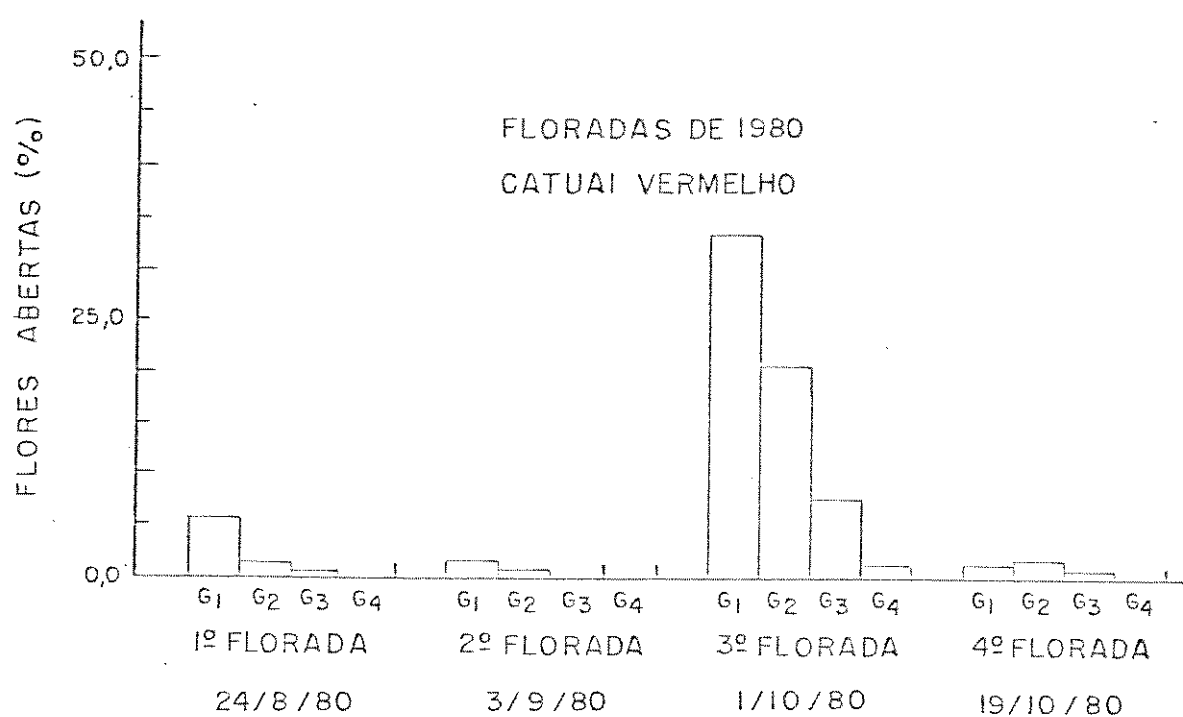


Figura 35 - Participação relativa (%) das gemas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 nas 4 floradas de 1980 em plantas do cultivar Catuai Vermelho.

de 1980. Nesta florada, houve participação majoritária das gemas G_1 e G_2 que, juntas, produziram 86,9% das flores. A florada principal foi consequência das chuvas registradas entre 18/9 e 22/9/81, que totalizaram 56,8 mm. A 4ª florada (19/10/80) foi da ordem de 3,3%, tendo relativamente maior contribuição das gemas G_2 (46,2%) e G_3 (20,1%; Tabela 4). A última florada foi promovida pela precipitação de 9/10/80 (27,6 mm). Considerando-se todas as floradas deste ano de 1980, verificou-se que 87,7% das flores foram originadas pelas gemas G_1 e G_2 (Figura 35).

5.2. Florescimento dos cultivares Catuai Vermelho, Bourbon Amarelo, Mundo Novo e Arabica em 1981

5.2.1. Cultivar Catuai Vermelho

As mesmas plantas estudadas em 1980 apresentaram duas floradas no ano de 1981. A 1ª florada (1/9/81) teve uma contribuição percentual de 9,5% em relação ao total de gemas florais produzidas nos dez ramos avaliados (Tabela 5 e Figura 36). As chuvas de 19/8/81 (11,8 mm) foram responsáveis pela abertura dos botões florais (Figura 37). As gemas G_1 produziram 71,1% das flores enquanto que as flores restantes distribuíram-se entre as gemas G_2 (27,8%) e G_3 (1,1%). A 2ª florada (12/10/81) caracterizou-se pela abertura da grande maioria das gemas florais existentes (83,1%), correspondendo à florada principal de 1981. As precipitações registradas entre 3/10 e 8/10/81 (74,5 mm) promoveram a 2ª florada. As gemas G_1 e G_2 , em conjunto, originaram 88,2% das flores abertas nas floradas de 1982.

Tabela 5. Florescimento do cultivar Catuai Vermelho em 1981.

Florada	Flores abertas (%)	Contribuição das gemas			
		seriadas em cada florada (%)			
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
1ª (01/09/81)	9,5	71,1	27,8	1,1	-
2ª (12/10/81)	83,1	54,1	33,8	11,3	0,9
Total	92,6	55,9	33,1	10,1	0,9
Perdas	6,5				
Restante*	0,9				

* Gemas florais dormentes.

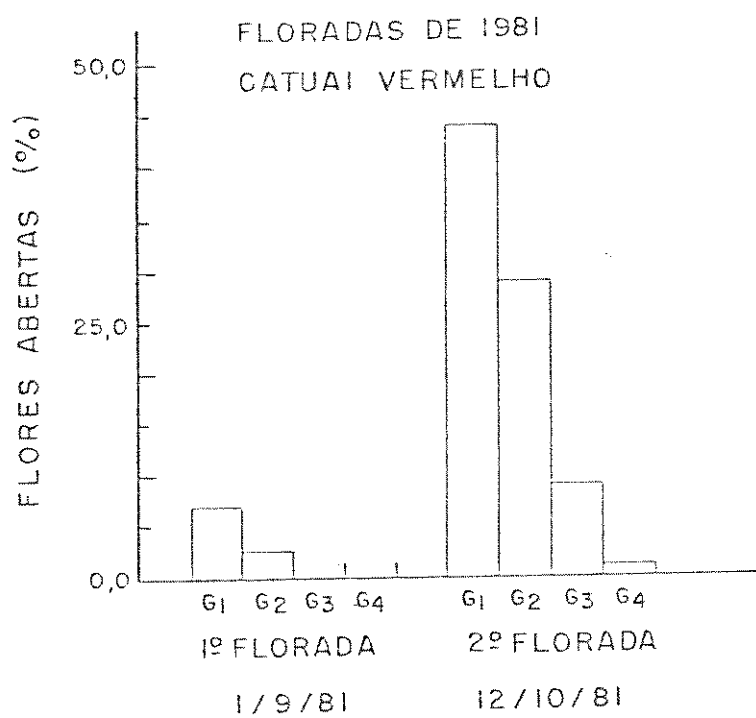


Figura 36 - Participação das gemas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 , expressa em percentual, nas floradas dos cafeeiros do cultivar Catuai Vermelho, em 1981.

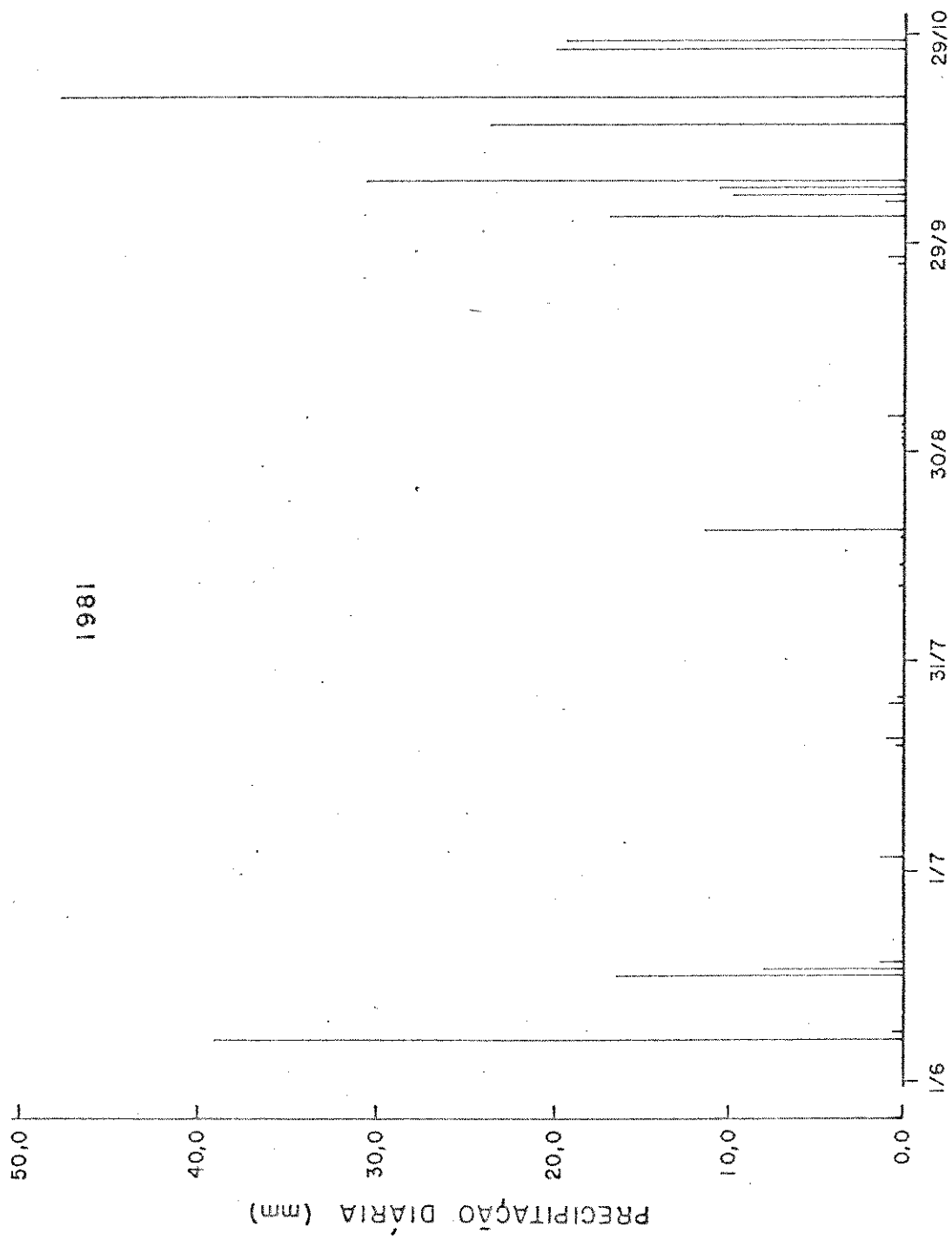


Figura 37 - Precipitação diária (mm) entre 1/6 e 30/10/81. Dados do Centro Experimental de Campinas (Seção de Climatologia).

5.2.2. Cultivar Bourbon Amarelo

Nos cafeeiros do cultivar Bourbon Amarelo, localizados na Coleção de Germoplasma da Seção de Genética do IAC, registraram-se três floradas em 1981 (Tabela 6). A 1ª florada (5/8/81) foi da ordem de 10,5%. As flores abertas pertenciam às gemas seriadas G_1 (87,2%) e G_2 (12,8; Figura 38). Na 2ª florada (1/9/81), registrou-se a antese de 24,2% das gemas florais (chuvas de 19/8/81 - 11,8 mm; Figura 37). As flores distribuíram-se entre as gemas G_1 (72,7%) e G_2 (23,7%). A 3ª florada (12/10/81) representou a florada principal, pois houve abertura de 56,7% das gemas florais produzidas. Apesar das gemas G_1 terem produzido o maior percentual de flores (47,5%), verificou-se um aumento da participação relativa das gemas G_2 (40,4%). Isto porque a maior parte das flores abertas nas floradas anteriores pertenciam às gemas G_1 . No decorrer das três floradas, 92,6% das flores foram produzidas pelas gemas G_1 e G_2 .

5.2.3. Florada principal em plantas dos cultivares Catuai Vermelho, Bourbon Amarelo, Arabica e Mundo Novo

A Tabela 7 caracteriza a florada principal de 1981 (12/10/81) em quatro cultivares de Coffea arabica: Catuai Vermelho, Arabica, Bourbon Amarelo e Mundo Novo. Deve-se ressaltar que os cafeeiros dos três primeiros cultivares citados, localizavam-se no mesmo campo experimental e apresentavam excelente vigor vegetativo. As plantas do cv. Mundo Novo, por sua vez, encontravam-se em precárias condições vegetativas (Tabela 1). 0

Tabela 6. Florescimento do cultivar Bourbon Amarelo em 1981.

Florada	Flores abertas (%)	Contribuição das gemas			
		seriadas em cada florada (%)			
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
1ª (05/08/81)	10,5	87,2	12,8	-	-
2ª (01/09/81)	24,2	72,7	27,3	-	-
3ª (12/10/81)	56,7	47,5	40,4	11,9	0,2
Total	91,4	58,8	33,8	7,3	0,1
Perdas	9,1				
Restante*	0,3				

* Gemas florais dormentes.

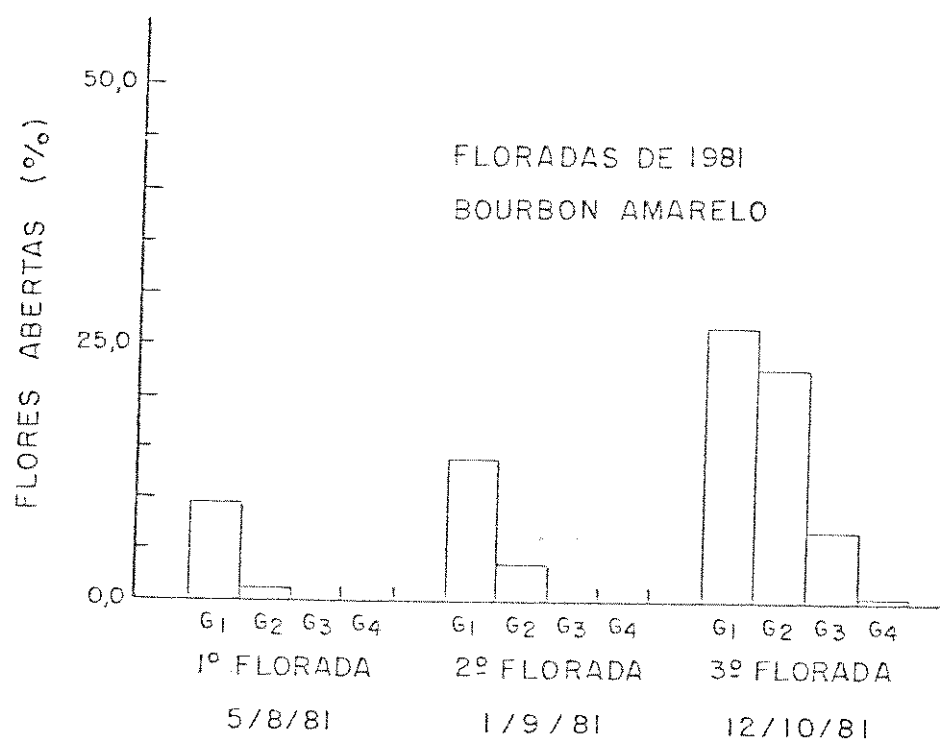


Figura 38 - Histogramas da participação (%) das gemas G₁, G₂, G₃ e G₄ nas floras do cultivar Bourbon Amarelo registradas em 1981.

Tabela 7. Florada principal de 1981 em plantas de quatro cultivares de Coffea arabica.

Cultivar	Flores abertas (%)	Contribuição das gemas se riadas em cada florada (%)				Flores nº total
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	
Catuai Vermelho*	73,3	50,7	34,4	13,1	1,8	1246
Bourbon Amarelo*	56,7	47,5	40,4	11,9	0,2	891
Nacional*	88,5	63,9	28,1	7,2	0,8	711
Mundo Novo**	56,4	62,1	31,4	6,2	0,2	768

* Plantas da coleção da Seção de Genética.

** Plantas de um ensaio de espaçamento da Seção de Café.

elevado percentual de "perdas" encontrado durante a florada principal, nas plantas de Mundo Novo (27,3%) pode ser atribuído ao baixo vigor vegetativo em 1981. Nos cafeeiros dos quatro cultivares, registrou-se a antese da maioria das gemas florais produzidas em 1981. Ficou evidenciada a importância das gemas G_1 e G_2 para a produção das flores nestes cultivares : Catuai Vermelho (85,1%); Bourbon Amarelo (87,9%); Arabica (92,0%) e Mundo Novo (93,5%).

5.3. Florescimento dos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo em 1982

5.3.1. Cultivar Catuai Vermelho

Em 1982, foram observadas quatro floradas entre os meses de agosto e outubro. As flores abertas no decorrer do mês de julho não definiram floradas porque ocorreram em restrito número de plantas e em pequena quantidade. Os níveis de chuvas excepcionalmente elevados do mês de junho e a maior umidade do mês de julho, em relação aos anos anteriores, causaram as anteses esporádicas durante o mês de julho (Figuras 34, 37 e 39).

As plantas de Catuai Vermelho de 8 anos de idade, na época da 1ª florada (22/8/82), apresentavam 0,6% de chumbinhos e 6,1% de flores abertas (Tabela 8 e Figura 40). Esta florada foi promovida pelas chuvas de 11/8/82 (11,1 mm; Figura 39). Na 2ª florada (29/8/82) registrou-se a antese de 11,0% do total de gemas florais. A 2ª florada foi atribuída à precipitação ocor

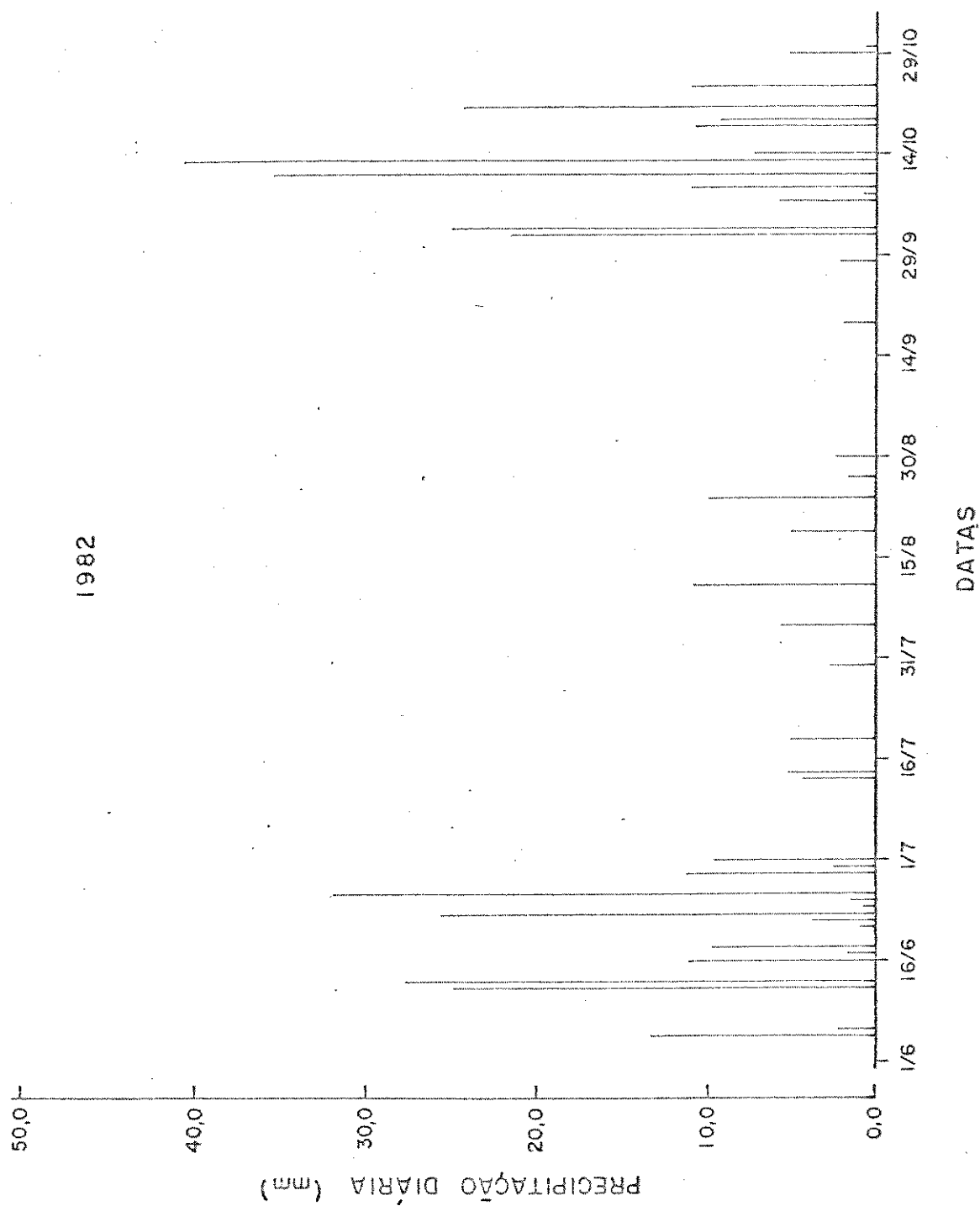


Figura 39 - Precipitação diária (mm) entre 1/6 e 30/10/82. Dados do Centro Experimental de Campinas (Seção de Climatologia).

Tabela 8. Florescimento do cultivar Catuai Vermelho (8 anos de idade) em 1982.

Floradas	Flores abertas (%)	Contribuição das gemas seriadas em cada florada				
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅
1 ^a (22/08/82)	6,1	61,0	39,0	-	-	-
2 ^a (29/08/82)	11,0	77,3	20,9	1,8	-	-
3 ^a (29/09/82)	16,7	43,7	39,5	14,4	2,4	-
4 ^a (10/10/82)	47,1	44,0	29,7	20,0	5,9	0,4
Total	80,9	49,7	31,3	14,8	4,0	0,2
Perdas	13,0					
Restante*	6,1					

* Gemas florais dormentes.

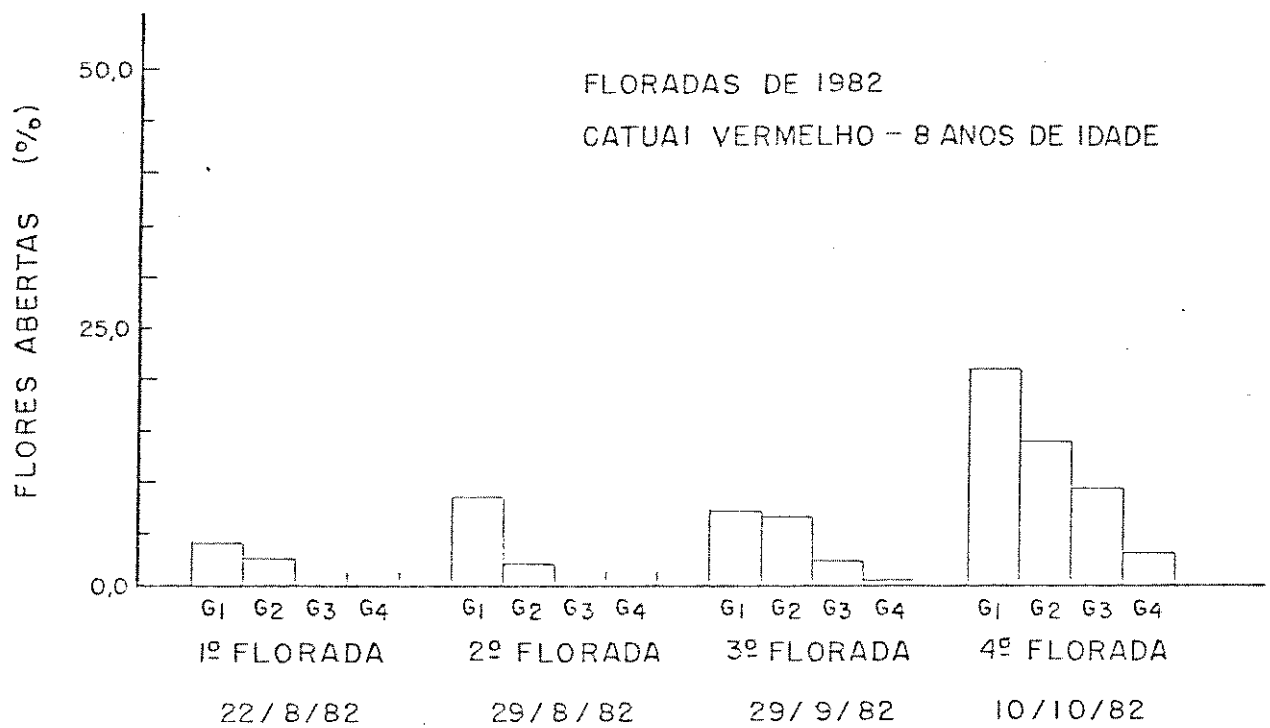


Figura 40 - Participação das gemas seriadas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 nas floradas de plantas do cultivar Catuai Vermelho (8 anos de idade) em 1982.

rida em 19/8/82 (5,1 mm). As gemas G_1 tiveram participação majoritária em ambas as floradas (61% - 1ª florada e 77,3% - 2ª florada). A 3ª florada (29/9/82) deu-se em consequência das chuvas do dia 19/9/82 (2,0 mm), tendo atingido uma contribuição percentual de 16,7%. A 4ª florada (10/10/82) representou a florada principal de 1982 devido ao elevado percentual de flores abertas (47,1%). As gemas G_1 e G_2 foram responsáveis pela formação de 73,7% das flores da florada principal. Considerando-se as quatro floradas, as gemas G_1 e G_2 contribuíram para a produção de 81% das flores. As precipitações de 2/10 e 3/10 (47 mm) foram responsáveis pela 4ª florada (Figura 39).

Cafeeiros de 4 anos de idade do cultivar Catuai Vermelho também foram avaliados no período de florescimento de 1982. Na época da 1ª florada (22/8/82) existiam 3,9% de chumbinhos. A contribuição percentual da 1ª florada foi de 14,1% (Tabela 9 e Figura 41). Na 2ª florada (29/8/82) houve abertura de 11,1% dos botões florais, tendo-se destacada o elevado percentual de flores das gemas G_3 (14,4%). A 3ª florada (29/9/82) apresentou uma pequena quantidade de flores (4,4%). A florada seguinte constitui-se na florada principal (10/10/82), tendo uma contribuição percentual de 49,6%. A contribuição relativa das gemas G_1 e G_2 foi de 79,0% das flores abertas no decorrer das quatro floradas de 1982.

5.3.2. Cultivar Bourbon Amarelo

Durante a 1ª florada (22/8/82), os ramos de Bourbon Amarelo apresentaram ântese em 20,2% do total de botões florais

Tabela 9. Florescimento do cultivar Catuai Vermelho (4 anos de idade) em 1982.

Floradas	Flores abertas (%)	Contribuição das gemas seriadas em cada florada (%)			
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
1ª (22/08/82)	14,1	68,8	28,4	2,8	-
2ª (29/08/82)	11,1	59,5	26,1	14,4	-
3ª (29/09/82)	4,4	45,4	36,4	15,9	2,2
4ª (10/10/82)	49,6	40,0	32,0	20,3	7,7
Total	79,2	48,1	30,8	16,2	4,9
Perdas	15,3				
Restante*	5,5				

* Gemas florais dormentes.

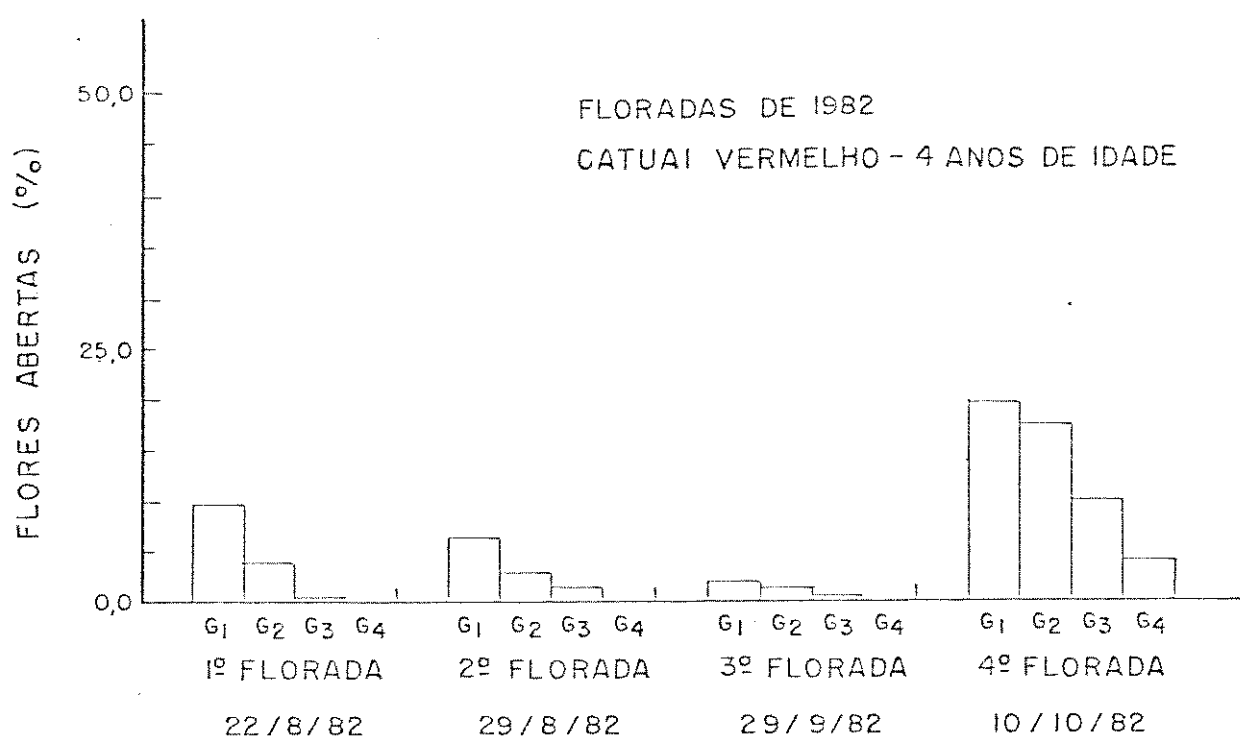


Figura 41 - Histogramas da distribuição das flores abertas entre as gemas seriadas G₁, G₂, G₃ e G₄ durante as floras de 1982, em plantas do cultivar Catuai Vermelho de 4 anos de idade.

presentes (Tabela 10 e Figura 42). Na época, existia um percentual de chumbinhos equivalente a 1,5%. A 2ª florada (29/8/82) teve uma contribuição percentual de 9.6%. Na 3ª e 4ª floradas houve antese de respectivamente 28,0% e 23,7% dos botões florais. Não distinguiu-se, portanto, uma florada principal nas plantas de Bourbon Amarelo neste ano de 1982. A abertura de flores distribuiu-se indistintamente entre 22/8 e 10/10/82 (Tabela 10 e Figura 42). Cerca de 78,0% das flores abertas, no período de florescimento (22/8 a 10/10/82) pertenciam às gemas G_1 e G_2 .

6. MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE COFFEA ARABICA EM 1981, 1982 e 1983

6.1. Cultivar Catuai Vermelho

6.1.1. Maturação dos frutos das quatro floradas de 1980

O critério utilizado para se considerar maduros os frutos de uma florada foi a presença de 80% de frutos maduros: vermelho-escuros (Figura 3) ou amarelo-intenso (Figura 4).

A Figura 43 apresenta as curvas de maturação dos frutos originados nas quatro floradas de 1980. Os frutos da 1ª e 2ª floradas (24/8 e 3/9/80, respectivamente) alcançaram a maturidade aos 220 dias após a abertura das flores :

Tabela 10. Florescimento do cultivar Bourbon Amarelo (8 anos de idade) em 1982.

Floradas	Flores abertas (%)	Contribuição das gemas seriadas em cada florada (%)			
		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
1ª (22/08/82)	20,2	55,4	37,6	7,0	-
2ª (29/08/82)	9,6	56,3	31,2	12,5	-
3ª (29/09/82)	28,0	40,9	35,5	21,5	2,1
4ª (10/10/82)	23,7	37,5	25,3	30,0	7,2
Total	81,5	45,4	32,5	19,3	2,8
Perdas	15,1				
Restante*	3,4				

* Gemas florais dormentes.

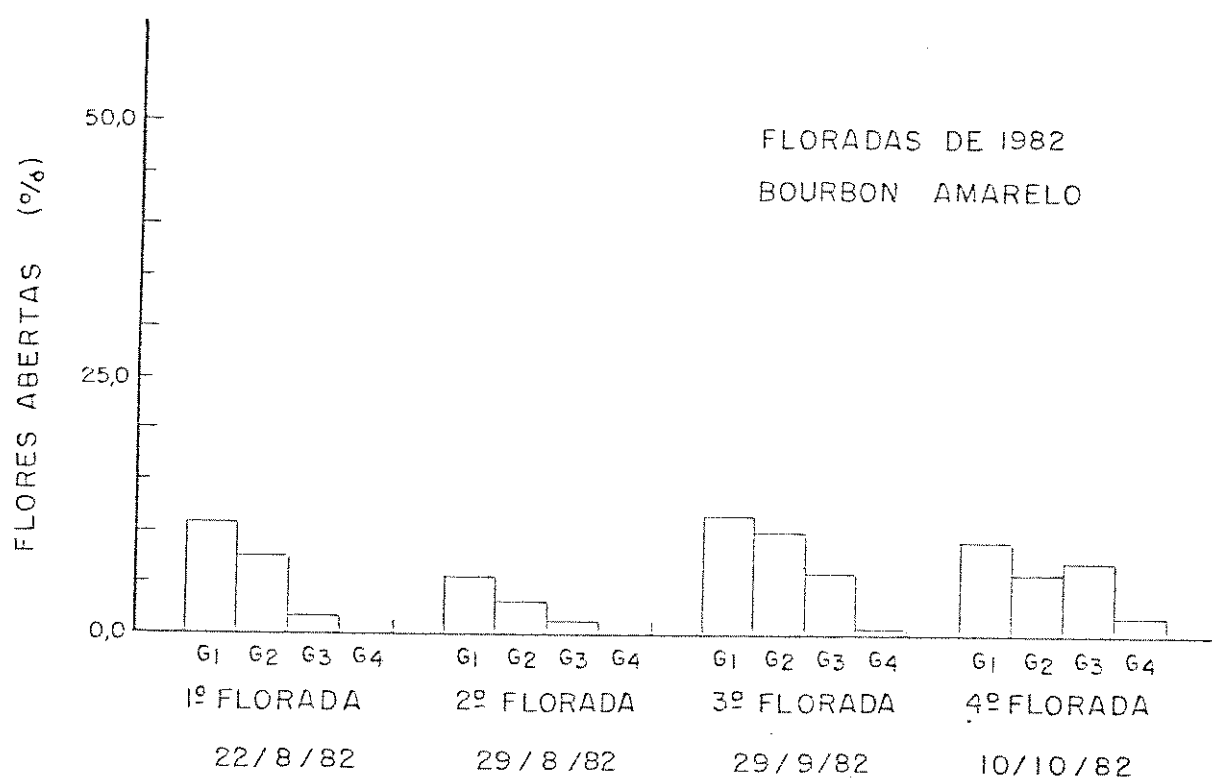


Figura 42 - Participação das gemas seriadas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 nas floradas de 1982, em cafeeiros do cultivar Bourbon Amarelo (8 anos de idade).

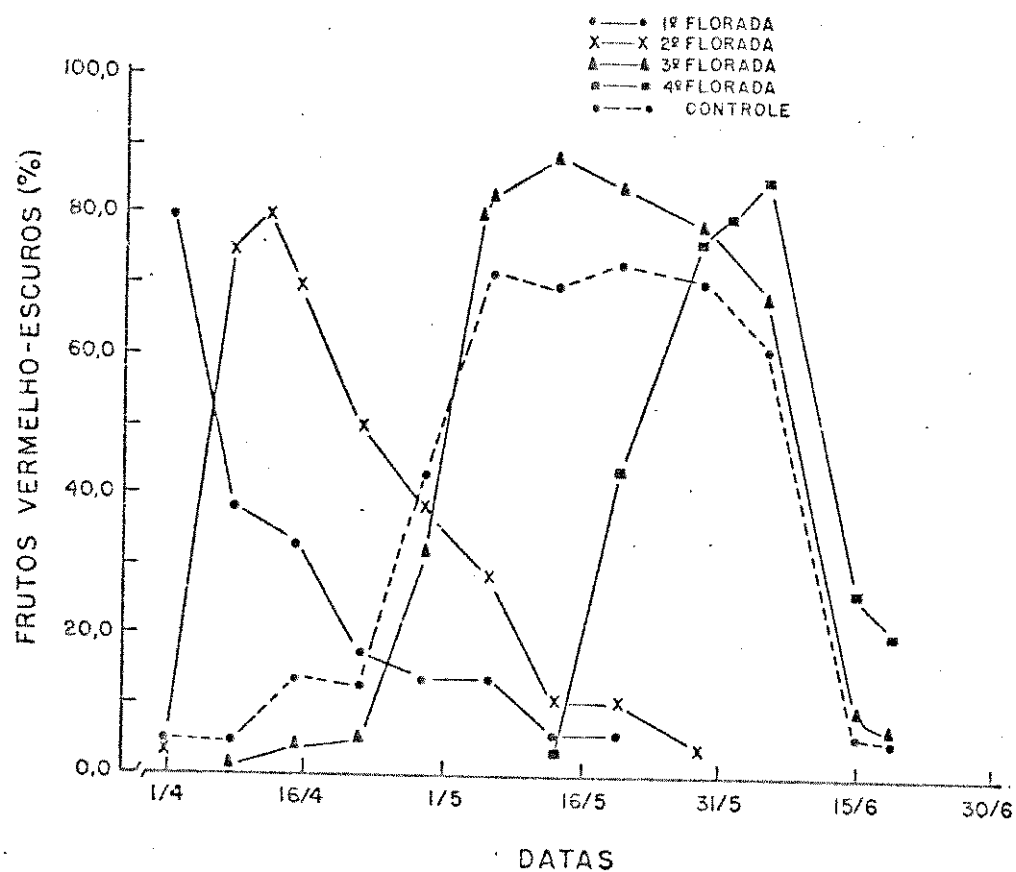


Figura 43 - Curvas de maturação, em percentagem de frutos vermelho-escuros, em *Coffea arabica* cv. Catuai Vermelho, originados nas 4 floradas de 1980 (período 1/4 a 19/6/81).

a 1ª florada amadureceu em 1/4/81 e a 2ª florada em 11/4/81. Os ramos da 3ª florada (1/10/80 - florada principal) apresentaram 80% de frutos vermelho-escuros aos 217 dias. A maturação dos frutos da 4ª florada (19/10/80) deu-se, aproximadamente, 225 dias após a antese, em 1/6/81. A evolução dos valores percentuais de frutos vermelho-escuros dos ramos controle acompanhou as tendências dos ramos da florada principal.

6.1.2. Maturação dos frutos da florada principal de 1980, 1981 e 1982

Curvas de maturação de frutos do cultivar Catuai Vermelho, originados nas floradas principais de três anos consecutivos (1/10/80, 12/10/81 e 10/10/82) são mostradas na Figura 44. Os valores percentuais de frutos maduros aumentaram rapidamente a partir do final de abril de 1981 e 1982 (22/4/81 e 27/4/82), respectivamente 203 dias e 197 dias após a antese. Nota-se que, em 1982, a maturação dos frutos ocorreu mais lentamente. Em 1983, o surgimento de frutos maduros acelerou-se a partir de 12/5/83, ou seja, transcorridos 214 dias após a antese. As curvas de maturação dos cafeeiros de 9 anos e 5 anos de idade apresentaram tendências semelhantes nas mesmas épocas. Os valores máximos de maturação registrados em 1983 foram inferiores a 80% de frutos maduros. O padrão de maturação dos ramos controle foi semelhante ao padrão dos ramos contendo frutos das floradas principais de 1980, 1981 e 1982 (Figuras 44, 45.a, 45.b). A única exceção foi observada nas plantas de 9 anos de idade avaliadas em 1983. Neste caso, os percentuais de frutos maduros dos ramos controle superaram os valores dos ramos da florada principal (Figura 45.b).

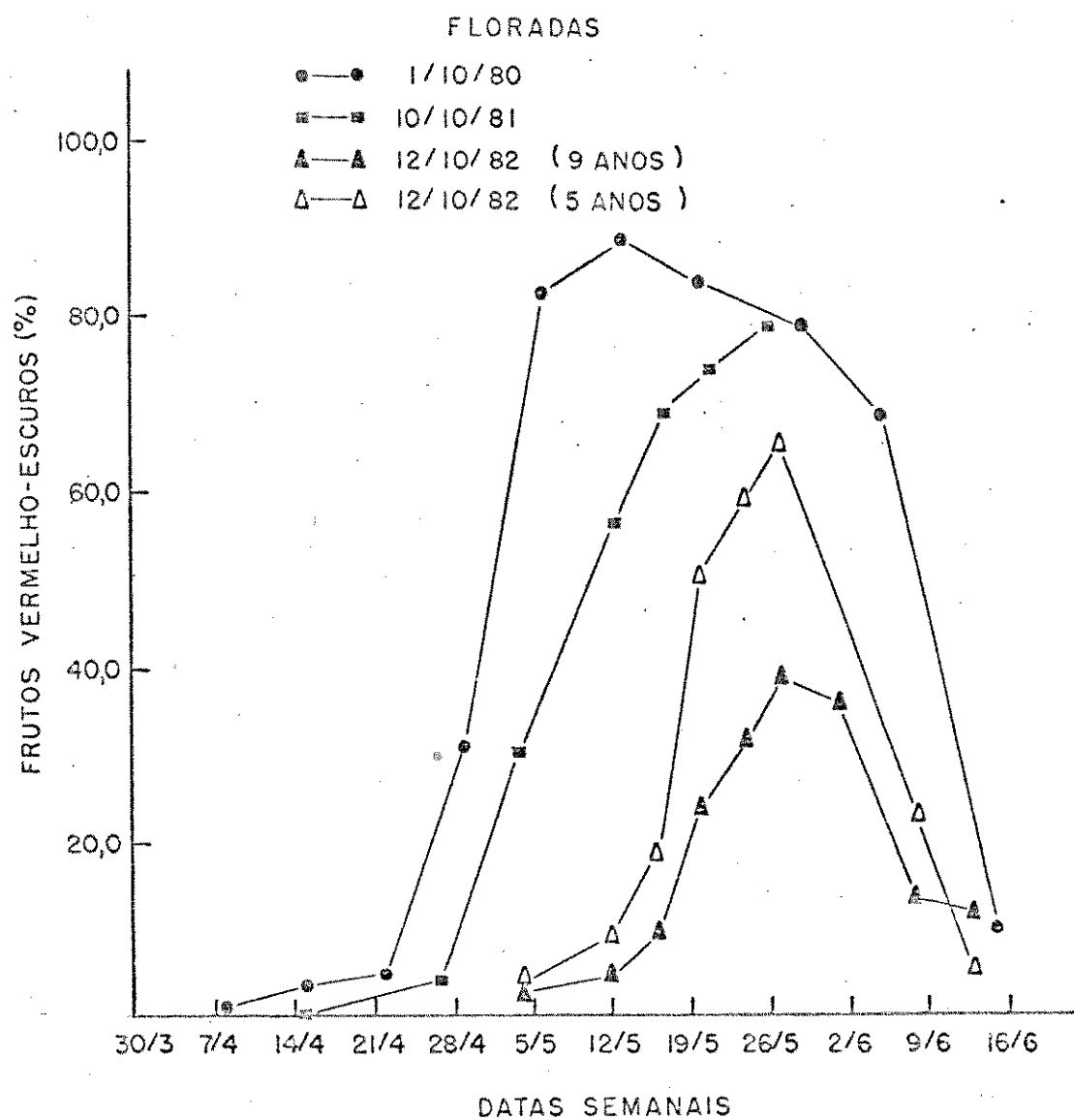


Figura 44 - Curvas de maturação, em percentagem de frutos vermelho-escuros, provenientes das floradas principais de 1980, 1981 e 1982, em cafeeiros do cultivar Catuai Vermelho.

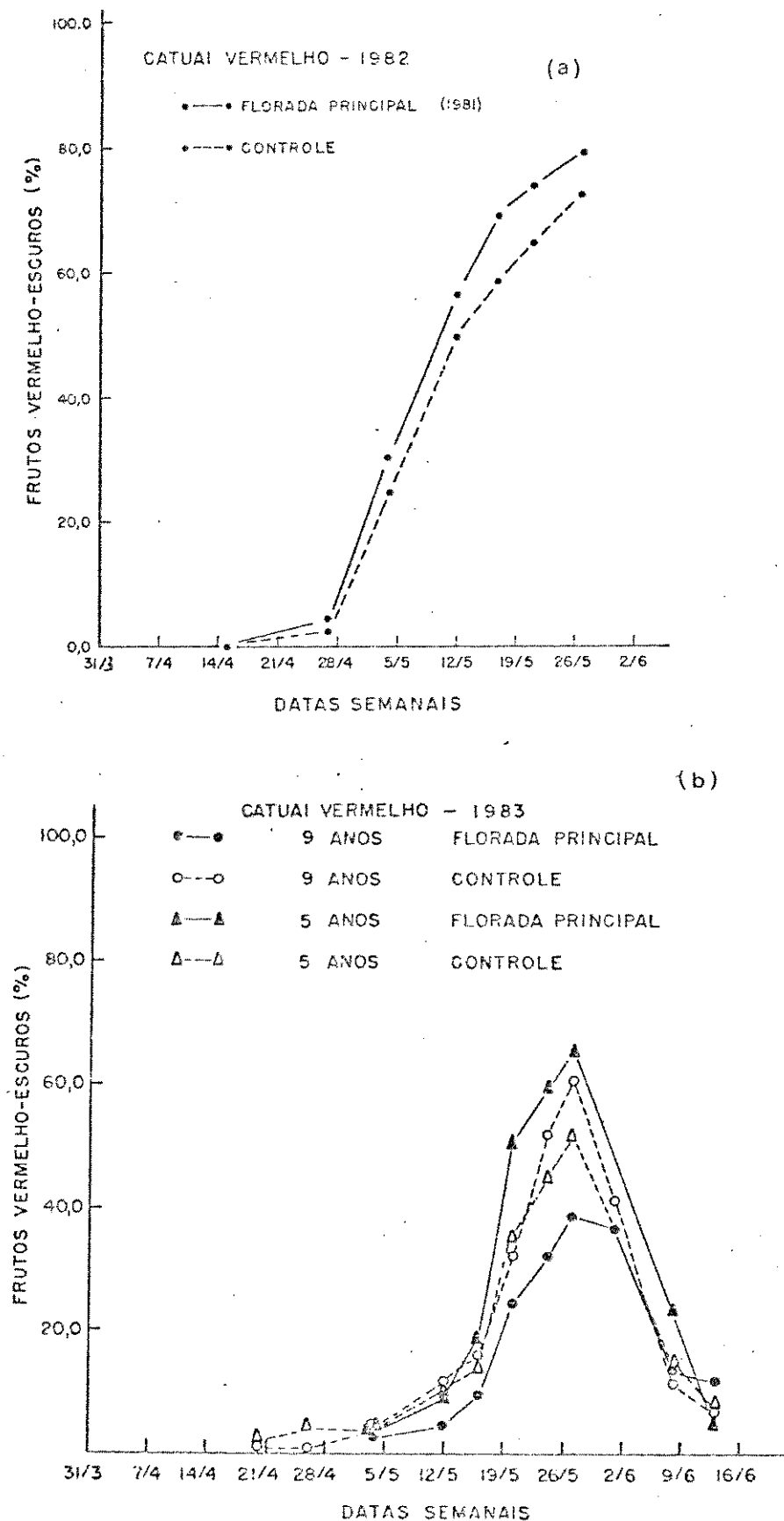


Figura 45 - Curvas de maturação, em percentagem de frutos vermelho-escuros, dos ramos controle e de floradas principais de cafeeiros do cv. Catuai Vermelho. 45a. Resultados obtidos no período de maturação de 31/3 a 27/5/82. 45b. Resultados obtidos no período de maturação de 31/3 a 16/6/83.

Tendo-se como base a evolução dos valores percentuais, estimou-se o número de dias necessários para que os frutos do cultivar Catuai Vermelho atingissem a maturidade (80% dos frutos vermelho-escuros), encontrando-se 217 dias (6/5/81) e 227 dias (27/5/82) para as floradas principais de 1980 e 1981, Estimou-se que os cafeeiros de 9 anos e 5 anos de idade, estudados em 1983, apresentariam 80% de frutos vermelho-escuros aos 247 dias (14/6/83) e 236 dias (3/6/83) após a antese, respectivamente. Na Tabela 11 estão contidos os resultados da aplicação do método da regressão linear aos dados de maturação. Pela estimativa linear, obtiveram-se números de dias para a maturação muito semelhantes aos que haviam sido calculados anteriormente.

6.2. Maturação dos frutos da florada principal de 1981 nos cultivares Arabica, Bourbon Amarelo e Mundo Novo

Nestes três cultivares, a rápida formação de frutos vermelho-escuros ocorreu a partir de 15/4/82, ou seja, 185 dias após a antese (Figura 46). O cultivar Arabica foi o primeiro a atingir a maturidade, tendo apresentado 80% de frutos vermelho-escuros 208 dias após a florada principal (8/5/82). O avanço inicial da maturação de Bourbon Amarelo foi superado pelo Mundo Novo após 27/4/82. O cultivar Mundo Novo atingiu a maturidade 212 dias após antese e o Bourbon Amarelo amadureceu aos 221 dias. Os ramos controle seguiram o padrão dos ramos da florada principal (Figura 47). As estimativas lineares do número de dias necessários para a maturação dos frutos dos quatro cultivares, em 1982, são apresentadas na Tabela 12. Os resultados obtidos coincidem com os valores percentuais calculados direta

Tabela 11. Estimativas do número de dias para a maturação dos frutos originados nas floradas principais do cultivar Catuai Vermelho, obtidas através de análise de regressão.

Ano	Estimativa linear (nº dias*)	Coefficiente de correlação	Equação da reta
1981	222	0,92	$2,87x - 557,53$
1982	223	0,98	$2,65x - 510,53$
1983 (a)	255	0,94	$1,71x - 355,17$
1983 (b)	234	0,95	$3,06x - 635,42$

(a) Cafeeiros de 9 anos de idade.

(b) Cafeeiros de 5 anos de idade.

(*) Nº dias para atingir 80% de frutos vermelho-escuros.

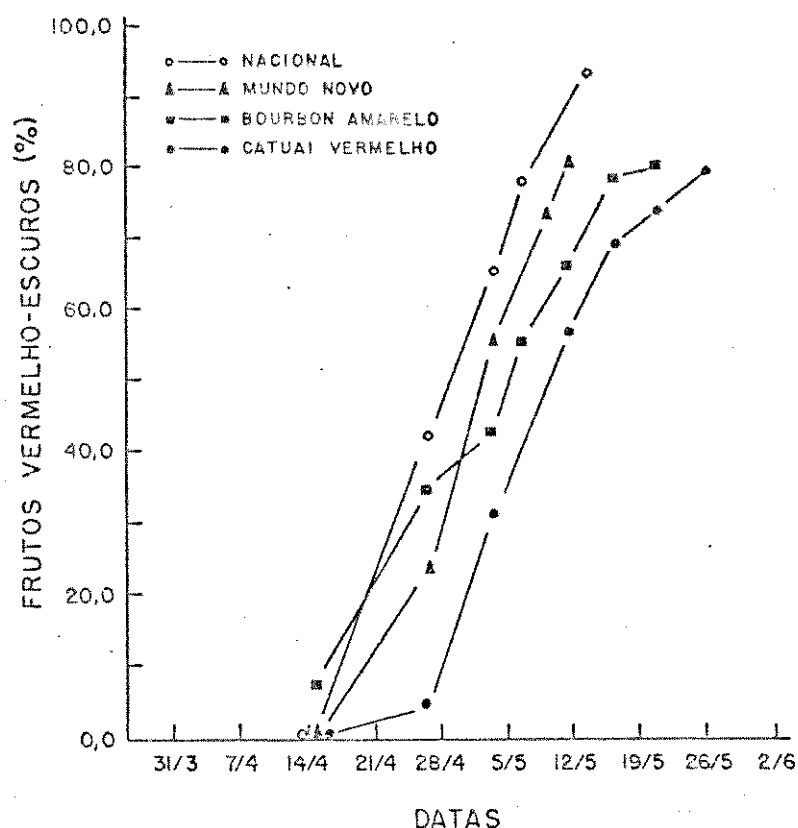


Figura 46. - Curvas representativas da maturação (% de frutos ma-
duros) de frutos formados na florada principal de 1981 em ca-
feeiros dos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo, Bourbon
Amarelo e Arábica.

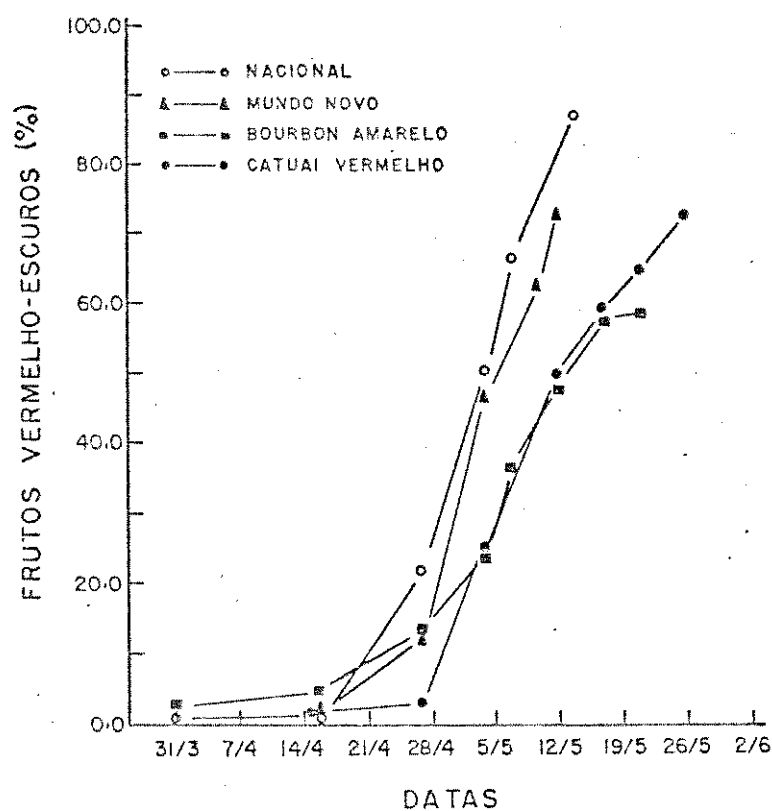


Figura 47. - Curvas de maturação (% de frutos maduros) dos ramos
controle marcados na florada principal de 1981 em plantas per-
tencentes aos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo, Bourbon
Amarelo e Arábica.

Tabela 12. Estimativas do número de dias para a maturação dos frutos originados na florada principal de 1981, em cafeeiros dos cultivares Arabica, Mundo Novo, Bourbon Vermelho e Catuai Vermelho.

Cultivares	Estimativa linear (nº dias*)	Coefficiente de correlação	Equação da reta
Arabica	209	0,99	$3,24x - 596,91$
Mundo Novo	212	0,99	$3,76x - 716,35$
Bourbon Amarelo	219	0,99	$2,23x - 406,32$
Catuai Vermelho	223	0,98	$2,65x - 510,53$

* Nº de dias para atingir 80% de frutos vermelho-escuros.

mente a partir dos dados de campo.

7. EFEITO DE FITORREGULADORES EXÓGENOS SOBRE AS GEMAS
REPRODUTIVAS DE *COFFEA ARABICA* L. cv.
CATUAI VERMELHO

7.1. Experimentos de 1981

7.1.a. Época I (14/7, 22/7 e 28/7/81)

A Figura 48 e a Tabela 13 apresentam os dados sobre a antese de botões florais nos ramos pulverizados na época I. As floradas observadas em 29/7/81 e em 5/8/81 foram associadas ao rápido aumento da umidade relativa de ar entre 15 e 20/7/81 (de 57% para 71%) e às pequenas precipitações dos dias 19 e 20/7 (2,5 mm; Figuras 37). O tratamento GA-I estimulou a antese de uma quantidade de flores significativamente superior à do controle ($p < 0,05$). Em 21/8/81 registraram-se flores apenas nos ramos tratados com reguladores de crescimento. Apesar do pequeno percentual de flores, este fato é importante porque sugere a existência de um efeito residual dos fitorreguladores aplicados. Deve-se mencionar que houve uma brusca elevação na umidade relativa do ar entre 8/8 e 10/8/81 (de 53,2% para 82,9%) e uma precipitação da ordem 0,7 mm em 11/8/81. Na florada de 30/8/81, os ramos submetidos aos tratamentos GA-I e GN-I apresentaram a abertura de maior número de flores do que o controle, mas as diferenças não foram significativas. Na florada principal (12/10/

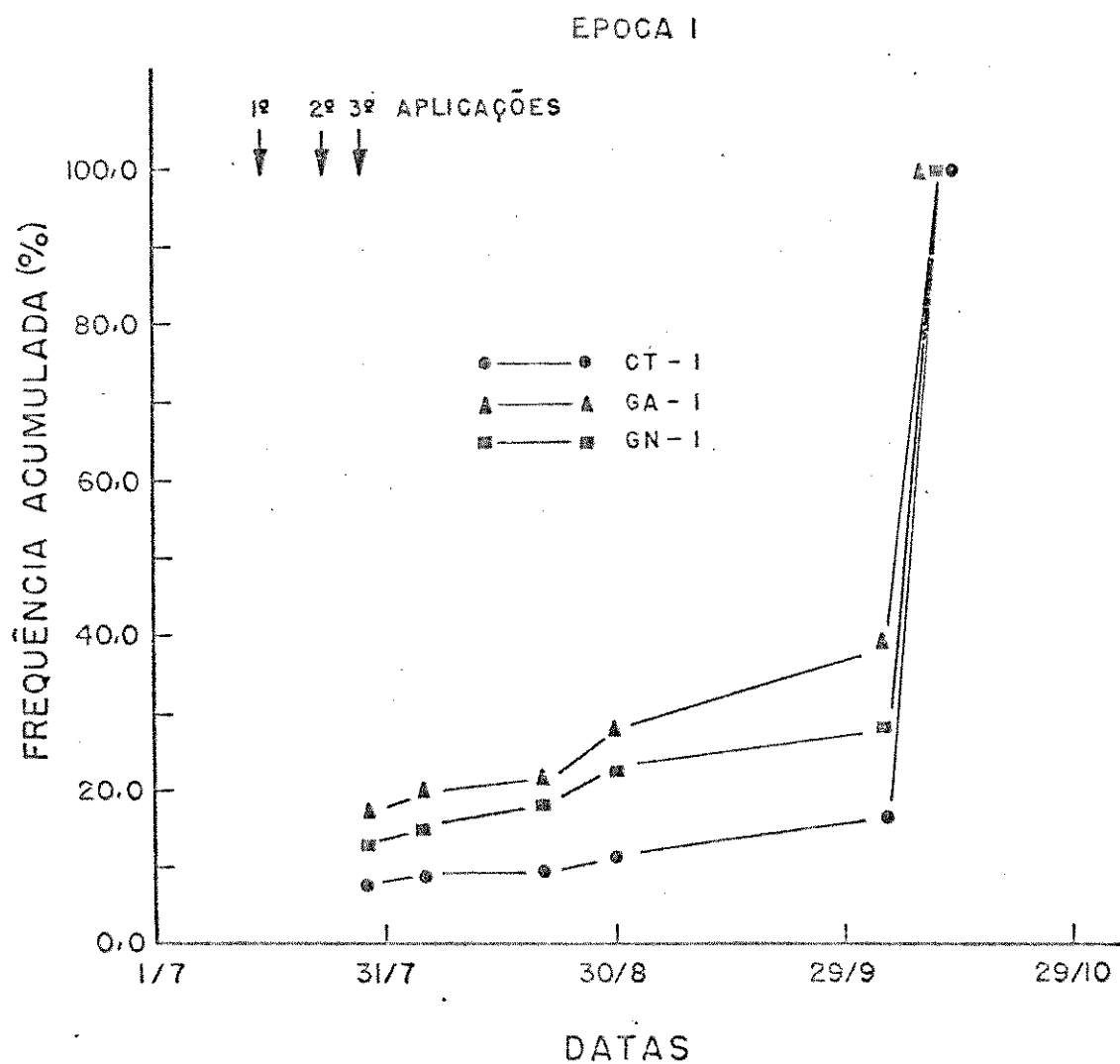


Figura 48 - Frequências acumuladas de flores abertas, em Catuai Vermelho, entre 29/7 e 12/10/81, nos ramos pulverizados com fitorreguladores na época I (14, 22 e 28/7/81). CT-1 - controle; GA-1 - giberelinas A_4 e A_7 (GA_{4-7}); GN-1 - GA_{4-7} + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 13. Número de flores e percentuais do número total de flores abertas em 1981 nos ramos tratados com fitorreguladores na época I (14, 22 e 28/07/81).

Datas	CT-I ^(a)		GA-I ^(b)		GN-I ^(c)	
	(Nº)	(%)	(Nº)	(%)	(Nº)	(%)
29/7	40	7,5	135	17,1*	94	12,9 _{ns}
5/8	8	1,5	19	2,4	15	2,0
21/8	-	-	15	1,9	23	3,1
30/8	10	1,9	50	6,3 _{ns}	38	5,2 _{ns}
5/10	29	5,4	84	10,7	33	4,5
12/10	447	83,7	485	61,6**	527	72,2**
Total	534	100,0	788	100,0	730	100,0

* Diferença significativa ao nível de 5% em relação ao controle.

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

_{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle da época I.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ + ácido α naftaleno acético (NAA).

81), o percentual de flores abertas nos ramos tratados foi significativamente menor do que o percentual de flores do controle (Tabela 13; $P < 0,001$).

A Tabela 14 mostra que em 30/8/81 havia maior percentual de flores e chumbinhos em ambos os tratamentos. Entretanto, apenas o GA₄₋₇, aplicado isoladamente, produziu um aumento significativo do número de flores abertas até aquela data (21,8%).

Os resultados da avaliação realizada durante a florada principal de 1981 (12/10/81) estão contidos na Tabela 15. Pode-se verificar que no tratamento GN-1, o percentual de gemas florais dormentes foi inferior ao do controle ($p < 0,001$). Ambos os tratamentos induziram a abertura de maior número de flores antes da florada principal ($P < 0,05$; GA-1 - 15,3% e GN-1 - 15,0% de chumbinhos). Apesar disso, não houve modificações significativas na proporção de flores dos ramos tratados com GA₄₋₇ e NAA. Isto porque quase todas as gemas florais existentes nos ramos GN-1 foram estimuladas a abrir na florada principal, provocando um efeito compensatório. O tratamento GN-1 aumentou significativamente o percentual de flores anormais ("estrelinhas", $p < 0,05$).

Os tratamentos da época I não alteraram a abscisão de flores entre 30/8 e 12/10/81 (Tabela 16).

Os efeitos destes tratamentos sobre os frutos de café foram avaliados em 5/4/82 (Tabela 17). Observou-se redução no pegamento de frutos apenas no tratamento GA-1 ($P < 0,05$).

Tabela 14. Percentuais de flores e chumbinhos registrados na avaliação de 30/08/81 nos ramos da época I (14, 22 e 28/07/81).

Tratamentos	F + CH (%)	Total (nº)
CT-I ^(a)	11,0	534
GA-I ^(b)	21,8*	1001
GN-I ^(c)	19,0 _{ns}	902

F - flores

CH - chumbinhos

* Diferença significativa ao nível de 5% em relação ao controle.

_{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 15. Número e percentual de estruturas florais durante a florada principal de 1981 (12/10/81) nos ramos tratados na época I (14, 22 e 28/07/81).

Tratamentos	Gemas florais (%)	Flores (%)	Chumbinhos (%)	Anormalidades (%)	Total (nº)
CT-I (a)	15,3	60,3	6,5	17,9	789
GA-I (b)	12,6 ^{ns}	48,8 [*]	15,3 [*]	23,3 ^{ns}	1116
GN-I (c)	3,8 ^{**}	53,8 ^{ns}	15,0 [*]	27,3 [*]	1038

* Diferença significativa ao nível de 5% em relação ao controle.

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

^{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle I.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇) + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 15. Número e percentual de estruturas florais durante a florada principal de 1981 (12/10/81) nos ramos tratados na época I (14, 22 e 28/07/81).

Trata- mentos	Gemas florais. (%)	Flores (%)	Chumbinhos (%)	Anormalidades (%)	Total (nº)
CT-I (a)	15,3	60,3	6,5	17,9	789
GA-I (b)	12,6 ^{ns}	48,8*	15,3*	23,3 ^{ns}	1116
GN-I (c)	3,8**	53,8 ^{ns}	15,0*	27,3*	1038

* Diferença significativa ao nível de 5% em relação ao controle.

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

^{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle I.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇) + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 16. Abscisão de flores entre 30/08 e 12/10/81 nos tratamentos da época I (14, 22 e 28/07/81).

Tratamentos	Nº flores até 30/08	Nº chumbinhos em 12/10	Abscisão (%)
CT-I ^(a)	58	51	12,1
GA-I ^(b)	219	178	18,7 ^{ns}
GN-I ^(c)	170	156	8,2 ^{ns}

^{ns} - Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇) + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 17. Pegamento de frutos nos tratamentos da época I (14, 22 e 28/07/81) na avaliação realizada em 05/04/82.

Tratamentos	Frutos retidos até 05/04/82	Nº total frutos
CT-I (a)	65,8	376
GA-I (b)	53,6*	431
GN-I (c)	61,9 _{ns}	449

* Diferença significativa ao nível de 5% em relação ao controle.
_{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ + ácido α naftaleno acético (NAA).

O número total de estruturas reprodutivas presentes nos ramos controle, em 30/8/81 (CT-I, 534) foi significativamente inferior aos ramos submetidos ao fitorreguladores (Tabela 18 A; GA-I, 1038 e GN-I, 914). Testando-se as diferenças entre as médias (teste de Student-Newman-Keuls, SOKAL & ROHLF, 1969), verificou-se que ambos os tratamentos superaram o controle quanto ao número total de estruturas florais produzidas. Entretanto, na florada principal (12/10/81), as diferenças entre os ramos controle e os ramos tratados desapareceram (Tabela 18 B).

7.1.b. Época II (20/8, 28/8 e 4/9/81)

Na Tabela 19 e na Figura 49 são encontrados os resultados das observações sobre a antese de botões florais dos ramos da época II. As flores de 30/8/81 foram promovidas pelas chuvas caídas em 20/8 (11,8 mm). Nesta florada, os ramos pulverizados com soluções de fitorreguladores não diferiram do controle. Algumas flores foram registradas nos tratamentos GA-II e GN-II em 5/9/81. O efeito estimulatório do GA₄₋₇ expressou-se de forma acentuada em 10/9/81 ($p < 0,001$). O NAA parece ter interferido na ação do GA₄₋₇. As alterações na umidade relativa do ar entre 27/8 e 29/8/81 (de 43,0% para 63,0%) juntamente com pequena precipitação de 4/9/81 (2,6 mm), provavelmente contribuíram para a antese de 10/9/81.

Considerando-se as flores abertas até 10/9/81, verificou-se que os tratamentos GA-II e GN-II estimularam a antese precoce de botões florais (Tabela 20).

Tabela 18.A. Análise de variância do número médio de estruturas reprodutivas (a) nos tratamentos e controles da época I, avaliados em 30/08/81.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	13.773,1	6.886,5	4,1518*
Resíduo	27	44.784,4	1.658,7	
Total	29	58.557,5		

$F_{0,05; (2; 27)} = 3,35$

(a) Inclui gemas florais, flores, chumbinhos e frutos.

Tabela 18.B. Análise de variância do número médio de estruturas reprodutivas (a) nos tratamentos e controles da época I, avaliados em 12/10/81.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	5.833,8	2.916,9	1,2997 ns
Resíduo	27	60.922,9	2.256,4	
Total	29	66.756,7		
F _{0,05; (2,27)} = 3,35				

(a) Inclui gemas florais, flores, chumbinhos e frutos.
 ns Diferença não significativa em relação ao controle.

Tabela 19. Número de flores e percentuais do número total de flores abertas em 1981 nos ramos tratados com fitorreguladores na época II (20, 28/08 e 04/09/81).

Datas	CT-II ^(a)		GA-II ^(b)		GN-II ^(c)	
	(nº)	(%)	(nº)	(%)	(nº)	(%)
30/08	34	5,2	36	5,0 _{ns}	93	12,0 _{ns}
05/09	0	0,0	16	2,2	23	3,0
10/09	19	2,9	147	20,2 ^{**}	89	11,5 [*]
05/10	84	12,8	148	20,3	23	3,0
12/10	517	79,0	380	52,3 ^{**}	543	70,4 _{ns}
Total	654	100,0	727	100,0	771	100,0

* Diferença significativa ao nível de 5% em relação ao controle.

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

_{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle da época II.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇) + ácido α naftaleno acético (NAA).

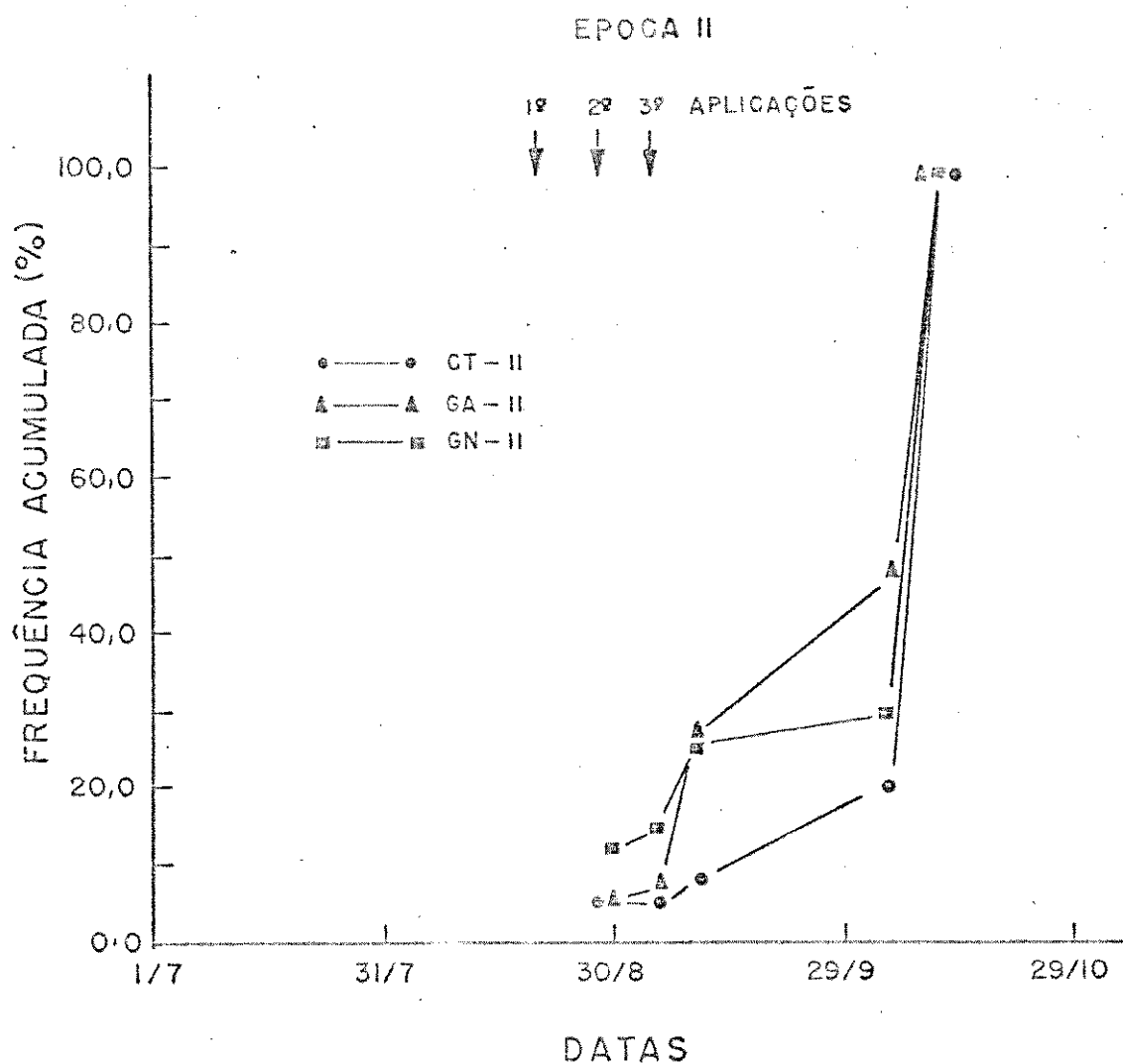


Figura 49 - Frequências acumuladas de flores abertas, em Catuai Vermelho, entre 30/8 e 12/10/81, nos ramos pertencentes aos tratamentos da época II (20 e 28/8; 4/9/81). CT-II - controle; GA-II - giberelinas A_4 e A_7 (GA_{4-7}); GN-II - GA_{4-7} + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 20. Percentual de flores abertas até 10/09/81 nos ramos tratados na época II (20, 28/08 e 04/09/81).

Tratamentos	% Flores até 10/09/81	Total (nº)
CT-II	8,1	654
GA-II	27,3**	727
GN-II	26,5**	771

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

(a) Controle.

(b) Giberelinas A_4 e A_7 (GA_{4-7}).

(c) Giberelinas A_4 e A_7 + ácido α naftaleno acético (NAA).

A Tabela 21 apresenta os resultados da avaliação efetuada durante a florada principal (12/10/81). Da mesma forma que na época I, o tratamento que continha GA₄₋₇ e NAA reduziu, significativamente, o percentual de gemas florais remanescentes. Ambos os tratamentos contribuíram para o aumento de anormalidades florais, sendo que as estrelinhas foram as principais atrofias florais encontradas. O pequeno percentual de chumbinhos do tratamento GA-II resultou da enorme abscisão das flores abertas até 10/9/81 (Tabela 22). O distúrbio foi menos pronunciado nos ramos tratados com GA₄₋₇ e NAA.

A retenção dos frutos originados no período de florescimento de 1981 foi menor nos ramos do tratamento GN-II (Tabela 23).

7.2. Experimentos de 1982

7.2.a. Época I (20, 22 e 27/5/82)

Os ramos marcados para as pulverizações da época I apresentaram, em 18/5/82, mais de 80% das gemas G₁ distribuídas, equitativamente, entre os estádios 3 e 4 (Figura 50). Aproximadamente 2 meses após as aplicações de fitorreguladores (28/7/82), realizou-se uma nova avaliação dos estádios morfológicos (Tabela 24). Verificou-se que nenhum dos tratamentos alterou a taxa de crescimento ou o padrão morfológico das gemas reprodutivas.

Tabela 21. Número e percentual de estruturas florais durante a florada principal de 1981 (12/10/81) nos ramos tratados na época II (20, 28/08 e 04/09/81).

Trata- mentos	Gemas florais (%)	Flores (%)	Chumbinhos (%)	Anormalidades (%)	Total (nº)
CT-II (a)	17,5	54,5	4,7	23,2	1098
GA-II (b)	13,8 _{ns}	43,4*	8,8 _{ns}	34,0*	1216
GN-II (c)	1,3**	50,5 _{ns}	15,1*	33,0*	1120

* Diferença significativa ao nível de 5% em relação ao controle.

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

_{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 22. Abscisão de flores entre 30/08 e 12/10/81 nos tratamentos da época II (20, 28/08 e 04/09/81).

Tratamentos	Nº flores até 10/09	Nº chumbinhos em 12/10	Abscisão (%)
CT-II (a)	53	52	1,9
GA-II (b)	199	107	46,2**
GN-II (c)	205	169	17,6**

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

(a) Controle.

(b) Giberelinas A_4 e A_7 (GA_{4-7}).

(c) Giberelinas A_4 e A_7 + ácido α naftaleno acético (NAA).

Tabela 23. Pegamento de frutos nos tratamentos da época II (20, 28/08 e 04/09/81) em avaliação realizada em 05/04/82.

Tratamentos	Frutos retidos até 05/04/82	Nº total frutos
CT-II ^(a)	68,6	513
GA-II ^(b)	61,3 ^{ns}	442
GN-II ^(c)	52,4 ^{**}	386

** Diferença significativa ao nível de 1% em relação ao controle.

^{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

(a) Controle.

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇) + ácido α naftaleno acético (NAA).

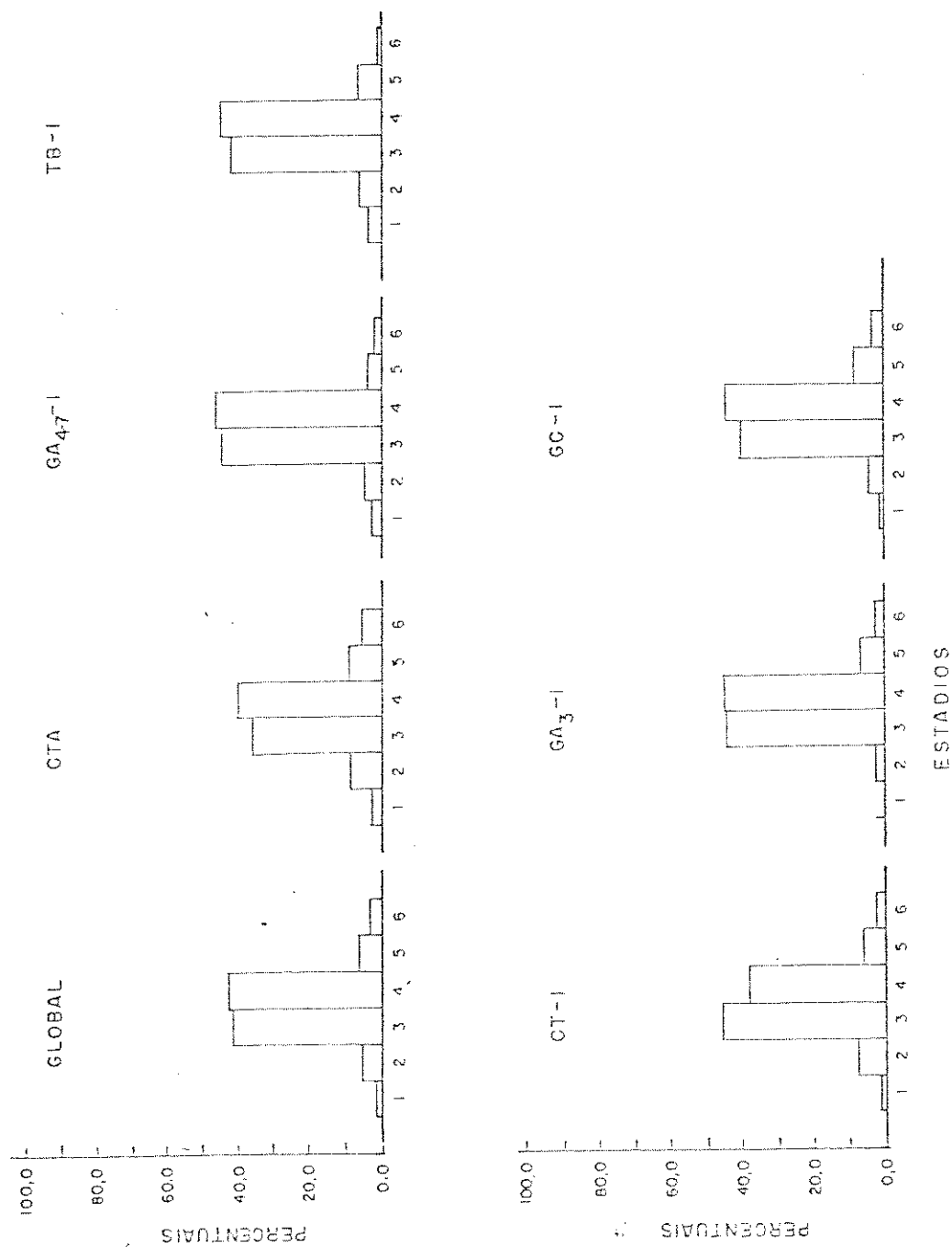


Figura 50 - Distribuição percentual dos estádios morfológicos das gemas G₁ de Catuai Vermelho no período das pulverizações da época I, em 1982 (20, 22 e 27/5/82). CT-A - controle (nada); GA₄₋₇₋₁ - giberelinas A₄ e A₇; TB-1 - ácido do trilodo benzóico; CT-1 - veículo; GA₃₋₁ - ácido giberélico; GC-1 - GA₄₋₇ + citocinina.

Tabela 24. Estádio de desenvolvimento morfológico médio, em 28/07/82, calculado através da transformação probílica nos ramos da época I (20, 22 e 23/05/82).

Tratamentos	$\bar{X}$	S	Limites de confiança ($\alpha = 0,05$)
CT-I ^(a)	5,4	1,1	5,4 $\pm$ 0,7
CT-A ^(b)	5,7	1,1	5,7 $\pm$ 0,7
GA ₃ -I ^(c)	5,5	1,1	5,5 $\pm$ 0,7
GA ₄₋₇ -I ^(d)	5,5	1,0	5,5 $\pm$ 0,6
GC-I ^(e)	5,7	1,1	5,7 $\pm$ 0,7
TB-I ^(f)	5,6	1,1	5,6 $\pm$ 0,7

(a) Controle (veículo).

(b) Controle (nada).

(c) Ácido giberélico (GA₃).

(d) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(e) GA₄₋₇ + Citocinina.

(f) Ácido Triiodo benzóico.

A Tabela 25 apresenta os valores percentuais das flores abertas no mês de julho e durante as quatro floradas registradas em 1982. Diferenças significativas entre controles e tratamentos sô foram identificadas durante a 1ª e 2ª floradas (22/8 e 29/8/82). Uma análise estatística mais detalhada revelou que apenas o tratamento GA₄₋₇-1 diferiu significativamente dos controles, tendo apresentado maior quantidade de flores abertas (39,0%; Tabela 26).

O percentual de perdas (de natureza múltipla) durante a florada principal (10/10/82) foi da ordem de 21%. Tratamentos e controles apresentaram valores muito similares quanto ao percentual de perdas: CT-1 22,5%; CT-A - 20,0%; GA₃-1 - 19,5%; GA₄₋₇ - 20,5%; GC-1 - 17,7% e TB-1 - 24,5%.

A Tabela 25 mostra que o número total de estruturas manteve valores inferiores nos tratamentos GA₃-1 e GA₄₋₇-1. A análise de variância dos resultados da 3ª e 4ª floradas indicou que as diferenças entre controles e tratamentos não foram significativas (Tabela 27).

7.2.b. Época II (29 e 30/6; 1/7/82)

Na época II de aplicação dos reguladores de crescimento, o estágio 4 apresentava-se majoritário para as gemas G₁ (57,0% em média; Figura 51). Não foram encontradas diferenças significativas entre controles e tratamentos na avaliação dos estádios morfológicos realizados em 28/7/82 (Tabela 28).

Tabela 25. Percentual de flores abertas nos tratamentos e controles da época I (20, 22 e 27/05/82), durante o mes de julho e nas floradas de 1982.

Tratamentos	Julho/82		1ª e 2ª floradas 22/08 s 29/08/82		3ª e 4ª floradas 29/09 e 10/10/82	
	Flores	Total (a)	Flores	Total (a)	Flores	Total (b)
	(%)	(nº)	(%)	(nº)	(%)	(nº)
CT-I (c)	5,2	539	25,3	853	45,1	1224
CT-A (d)	8,3	588	29,5	789	42,0	1113
GA ₃ -I (e)	7,1	438	25,3	575	46,2	909
GA ₄₋₇ -I (f)	3,8	505	39,0	680	45,3	940
GC-I (g)	9,5	558	31,1	790	48,5	1107
TB-I (h)	5,1	565	30,2	833	38,5	1085
$\chi^2_{5; 0,05} = 11,07$ $\chi^2 = 2,64 ns$ $\chi^2 = 11,95^*$ $\chi^2 = 5,08 ns$						

ns - Diferença não significativa em relação ao controle.

* Diferenças significativas entre os tratamentos para $\alpha = 0,05$.

(a) Inclui gemas florais e flores.

(b) Inclui gemas florais, flores, chumbinhos, frutos e perdas.

(c) Controle (veículo); (d) controle (nada); (e) ácido giberélico.

(f) Giberelinas A₄ e A₇; (g) giberelinas A₄ e A₇ + citocinina.

(h) Ácido Triiodo benzóico.

Tabela 26. Percentual de flores no tratamento $GA_{4-7}-I$ e nos controles durante a 1ª e 2ª floradas de 1982 (22 e 29/08/82).

Tratamentos	Flores (%)	Total (a) (nº)
CT-I ^(b)	25,3	853
CT-A ^(c)	29,5	789
$GA_{4-7}-I$ ^(d)	39,0	680
$\chi^2_{2; 0,01} = 9,21$		$\chi^2 = 9,30$

(a) Número total de gemas florais e flores.

(b) Controle (veículo).

(c) Controle (nada).

(d) Giberelinas A_4 e A_7 (GA_{4-7}).

Tabela 27. Análise de variância do número médio de estruturas reprodutivas^(a) nos ramos controles e tratamentos da época I (20, 22 e 27/05/82), avaliados em 10/10/82.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	6.386,9	1.227,4	0,9161 _{ns}
Erro	54	75.297,0	1.394,4	
Resíduo	59	81.683,9	1.384,5	

$F_{0,05; (5; 54)} = 2,39$

(a) Inclui gemas florais, flores, chumbinhos, frutos e perdas.
_{ns} Diferença não significativa em relação ao controle.

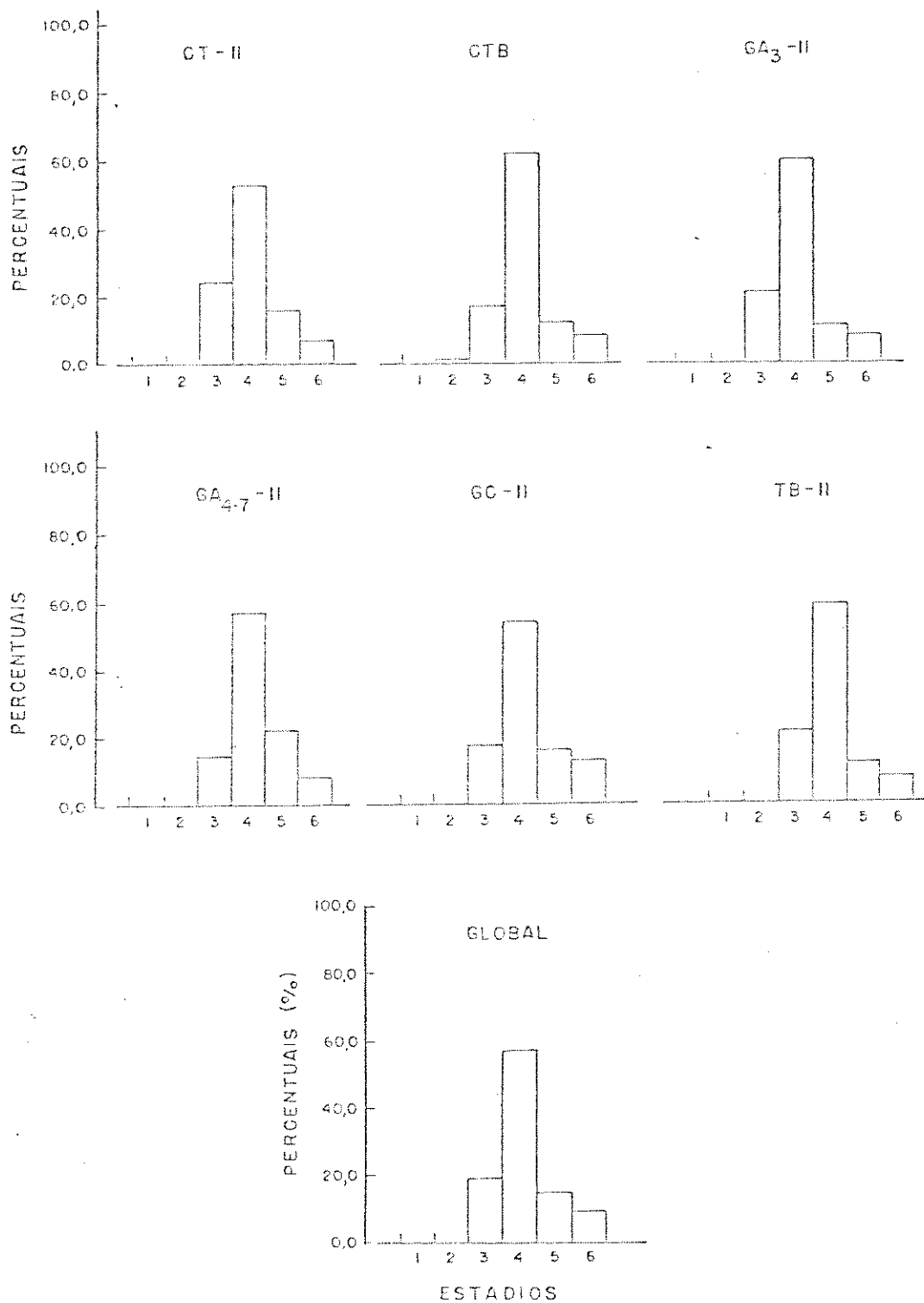


Figura 51 - Distribuição percentual dos estádios morfológicos das gemas G_1 , em Catuai Vermelho, na época das pulverizações da época II, em 1982 (29 e 30/6/82).
 CT-II - controle (veículo); CT-B - controle (nada);
 GA₃-II - ácido giberélico; GA₄₋₇-II - giberelinas A₄ e A₇; GC - GA₄₋₇ + citocinina; TB-II - ácido triiodo benzóico.

Tabela 28. Estádio de desenvolvimento morfológico médio em 28/07/82, calculado através da transformação probílica, nos ramos da época II. (29 e 30/06, 01/07/82).

Tratamentos	$\bar{X}$	S	Limites de confiança ($\alpha = 0,05$)
CT-II(a)	5,4	1,1	5,4 $\pm$ 0,7
CT-B(b)	5,3	1,0	5,3 $\pm$ 0,6
GA ₃ -II(c)	5,7	1,1	5,7 $\pm$ 0,7
GA ₄₋₇ -II(d)	5,8	1,0	5,8 $\pm$ 0,6
GC-II(e)	5,7	1,1	5,7 $\pm$ 0,7
TB-II(f)	5,3	1,1	5,3 $\pm$ 0,7

(a) controle (veículo); (b) controle (nada); (c) ácido giberélico; (d) giberelinas A₄ e A₇; (e) giberelinas A₄ e A₇ + citocinina; (f) ácido triiodo benzóico.

Os resultados das observações sobre a antese dos botões florais são apresentados na Tabela 29. O qui-quadrado calculado mostrou-se significativo na 3ª e 4ª floradas, mas o seu valor foi muito próximo do valor tabelado para $\alpha = 0,05\%$. Comparando-se os tratamentos individuais com os controles, entretanto, não encontravam-se diferenças significativas. Mesmo o tratamento com o GA_{4-7} , que apresentou maior amplitude de variação, não diferiu dos controles ao nível de $\alpha = 0,05\%$ (Tabela 30).

7.2.c. Época III (3/9/82)

As flores observadas em 16/9/82, conforme indica a Tabela 31, podem ser atribuídas às pulverizações de fitohormônios do dia 3/9/82. Não foram registradas alterações atmosféricas capazes de terem induzido a antese naquela data (Figura 39). Os tratamentos não diferiram do controle, o que sugere ter sido a umidade das pulverizações o fator responsável pelo pequeno número de flores abertas.

Na florada principal (10/10/82), o percentual de flores do tratamento GA_{4-7} -III foi significativamente menor do que o do controle (Tabela 31). Este fenômeno foi ocasionado pela elevação do número de perdas (20,7%) e de gemas florais que não participaram da florada principal (15,1%; Tabela 32). A aplicação combinada de GA_{4-7} e ABA também aumentou o percentual de perdas (Tabela 32).

Tabela 29. Percentual de flores abertas nos tratamentos e controles da época II (29 e 30/06, 01/07/82), durante o mes de julho e nas floradas de 1982.

Tratamentos	Julho/82		1ª e 2ª floradas (22 e 29/08/82)		3ª e 4ª floradas (29/09 e 10/10/82)	
	Flores (%)	Total ^(a) (nº)	Flores (%)	Total ^(a) (nº)	Flores (%)	Total ^(b) (nº)
CT-II ^(c)	7,6	449	38,9	635	52,1	946
CT-B ^(d)	6,3	504	35,5	816	52,9	1171
GA ₃ -II ^(e)	11,0	528	32,8	646	44,6	950
GA ₄₋₇ -II ^(f)	10,9	558	41,1	654	42,9	928
GC-II ^(g)	10,4	574	34,6	868	54,8	1276
TB-II ^(h)	3,3	511	35,3	780	56,2	1085
$\chi^2_{5; 0,05} = 11,07$ $\chi^2 = 6,09_{ns}$ $\chi^2 = 3,93_{ns}$ $\chi^2 = 11,22$						

(a) Inclui gemas florais e flores.

(b) Inclui gemas florais, flores, chumbinhos, frutos e perdas.

ns - Diferença não significativa em relação ao controle.

(c) controle (veículo); (d) controle (nada); (e) ácido giberélico; (f) giberelinas A₄ e A₇; (g) giberelinas A₄ e A₇ + citocinina; (h) ácido triíodo benzóico.

Tabela 30. Percentual de flores abertas no tratamento GA₄₋₇-II durante a 3^a e 4^a floradas de 1982 (29/09 e 10/10/82).

Tratamentos	Flores (%)	Total (a) (nº)
CT-II	52,1	946
CT-B	52,9	1171
GA ₄₋₇ -II	42,9	950
$\chi^2_{2; 0,05} = 5,99$ $\chi^2 = 4,56$		

(a) Inclui gemas florais, flores, chumbinhos, frutos e perdas.
 CT-II - controle (veículo); CT-B - controle (nada); GA₄₋₇-II -
 ácido giberélico.

Tabela 31. Percentual de flores abertas nos tratamentos da época III (03/09/82) durante as floradas de 1982.

Tratamentos	16/09/82		29/09/82		10/10/82	
	Flores (%)	Total ^(a) (nº)	Flores (%)	Total ^(a) (nº)	Flores (%)	Total ^(a) (nº)
CT-III (b)	1,4	792	26,6	801	54,6	808
GA ₄₋₇ -III ^(c)	7,2	735	29,8	738	32,5	742
AB-III ^(d)	0,0	710	23,0	710	58,9	711
GAB-III ^(e)	5,7	860	25,0	861	42,5	861
$\chi^2_{3; 0,05} = 7,82$ $\chi^2 = 4,22$ $\chi^2 = 2,34$ $\chi^2 = 33,01$ $\chi^2_{3; 0,01} = 11,34$						

(a) Inclui gemas florais, flores, chumbinhos, frutos e perdas.

(b) Controle (veículo).

(c) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(d) Ácido abscísico (ABA).

(e) GA₄₋₇ + ABA.

Tabela 32. Percentual de estruturas florais nas inflorescências G_1 , G_2 , G_3 e G_4 nos tratamentos e controles da época III (03/09/82) durante a florada principal (10/10/82).

Tratamentos	G. florais (%)	Flores (%)	Chumbinhos (%)	Perdas (%)	Total (nº)
CT-III (a)	6,3	54,6	31,7	7,4	808
GA ₄₋₇ -III (b)	15,1*	32,5**	31,7	20,7**	742
AB-III (c)	11,1 _{ns}	59,0 _{ns}	20,9	9,0 _{ns}	711
GAB-III (d)	7,3 _{ns}	42,5*	28,0	22,2**	861

_{ns} - Diferença não significativa em relação ao controle.

* Diferença significativa entre tratamentos e controles, ao nível de 5%.

** Diferença significativa entre tratamentos e controles, ao nível de 1%.

(a) Controle (veículo).

(b) Giberelinas A_4 e A_7 (GA₄₋₇).

(c) Ácido abscísico (ABA).

(d) GA₄₋₇ + ABA.

7.2.d. Época IV (17/9/82)

A Tabela 33 sintetiza os resultados da aplicação de GA₄₋₇ e ABA em 17/9/82. O fitorregulador GA₄₋₇ teve um poderoso efeito estimulatório sobre a antese na 3ª florada (29/9/82). O ácido abscísico não conseguiu inibir o efeito promotor das chuvas do dia 19/9/82, ainda que tenha sido de baixa intensidade (2,2 mm). Na florada principal (10/10/82), o CT-IV e o tratamento AB-IV alcançaram elevadas proporções de flores (71,7% e 75,8%, respectivamente).

Tabela 33. Percentual de flores abertas nos ramos da época IV (17/09/83), durante a 3ª e 4ª floradas 1982 de (29/09 e 10/10/82).

Tratamentos	29/09/82		10/10/82	
	Flores (%)	Total (nº)	Flores (%)	Total (nº)
CT-IV ^(a)	12,6	888	71,7	891
GA ₄₋₇ -IV ^(b)	41,7	780	41,9	782
AB-IV ^(c)	10,3	935	75,8	937
χ^2	2; 0,01 = 9,21	$\chi^2 = 66,26$	$\chi^2 = 63,94$	

(a) Controle (veículo).

(b) Giberelinas A₄ e A₇ (GA₄₋₇).

(c) Ácido abscísico (ABA).

V. DISCUSSÃO

1. INDUÇÃO DE GEMAS FLORAIS EM *COFFEA ARABICA* cv. CATUAI VERMELHO

As análises histológicas indicaram que a indução dos ápices reprodutivos ocorreu aceleradamente a partir do início de janeiro de 1981. As gemas nas fases II e III alcançaram valores percentuais semelhantes em fevereiro e março de 1980 e 1981 (Fig. 17a). No início do mês de março quase todas as gemas G_1 , situadas entre o 4º e 9º par de folhas, já encontravam-se induzidas (fases II e III). Observações provenientes de quatorze ramos laterais, marcados no campo, mostraram que o período indutivo estendeu-se até o final de julho de 1980. Os nós emitidos neste mês ainda apresentaram chumbinhos e gemas florais em dezembro do mesmo ano. Evidentemente, os nós induzidos em junho e julho tiveram uma contribuição insignificante para a safra de 1981, pois a formação de novos nós foi mínima nos dois meses (Figura 52). Os nós surgidos a partir de agosto de 1980 forneceram gemas axilares para o período indutivo de 1981.

A estimativa do início e do término do período indutivo (Janeiro-Julho), nas condições de Campinas, sugere, de imediato, uma questão fundamental - existiria um fator ambiental responsável pela transformação de gemas não diferenciadas em gemas reprodutivas? A literatura disponível ainda apresenta - se controvertida quanto a este aspecto. A indução de gemas reprodutivas, em plantas jovens, por dias curtos (FRANCO, 1940; PIRINGER & BORTHWICK, 1955; WENT, 1957) inferiores ao limite crítico de 13-14 horas (PIRINGER & BORTHWICK, 1955) não foi encontrada nos estudos de MONACO et al (1978). CANNELL (1972) verificou que

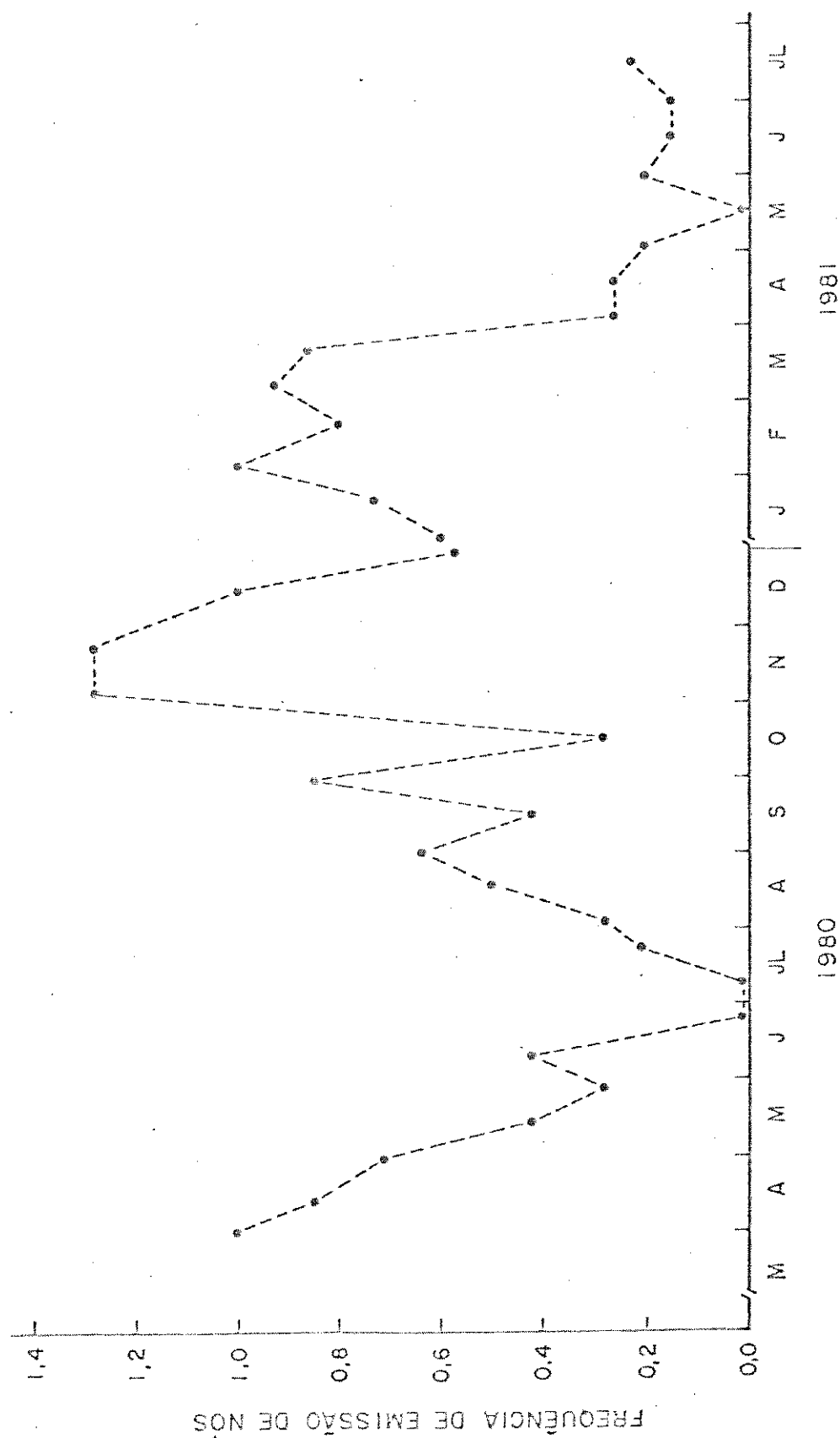


Figura 52 - Gráfico demonstrando a taxa de emissão de nós (nº nós/ramo) em plantas de *Coffea arabica* cv. Catuai Vermelho no período compreendido entre 30/3/80 e 15/7/81. Destaca-se o acentuado "flush" de crescimento durante a 2ª quinzena de outubro, e 1ª quinzena de novembro.

plantas adultas de *Coffea arabica* tenderam a se comportar como plantas de dias curtos, mas concluiu que os cafeeiros adultos são pouco sensíveis ao fotoperíodo. A periodicidade de florescimento, nas regiões tropicais, tem sido atribuída às variações fotoperiódicas anuais (BARROS et al, 1978; CAMARGO, 1983). De acordo com as informações de TROJER (1954, 1968) pode-se inferir que o cafeeiro arabica mostra-se subordinado ao fotoperíodo acima do paralelo 6°N, na Colombia.

Na Figura 53 estão representadas as curvas de variação fotoperiódica na latitude 23 30'S (S. Paulo - SP), calculadas em função do número de horas de brilho solar e de períodos luminoso de até 10 "foot-candle" (107,6 LUX; FRANCIS, 1972). WENT (1957) estimou que intensidades luminosas ao redor de 10 "foot-candle" apresentam limites mínimos críticos para a sensibilidade fotoperiódica de *Coffea arabica* cv. Bourbon (lâmpadas incandescentes e fluorescentes na proporção de 4:9). Devido à pequena diferença entre as latitudes de São Paulo e Campinas ($\Delta = 30'07''$), considerou-se válida a utilização de curvas, publicadas por FRANCIS (1972), para os propósitos do presente estudo. O dia mais longo do ano (22 de dezembro) tem duração de 13:30 horas de brilho solar e de 13:54 horas considerando-se intensidades luminosas de até 10 foot-candle. O dia mais curto (22 de junho) tem 10:42 horas de brilho solar e 11:00 horas com intensidades superiores a 10 foot-candle. O período indutivo coincidiu com a época de diminuição progressiva do comprimento do dia, excessão feita ao mês de julho. De acordo com SALISBURY (1982), as respostas fotoperiódicas não ocorrem simplesmente em função de um número de horas arbitrário (por exemplo, 8 horas ou 12 horas), e sim devido ao aumento ou diminuição progressiva do comprimento do dia.

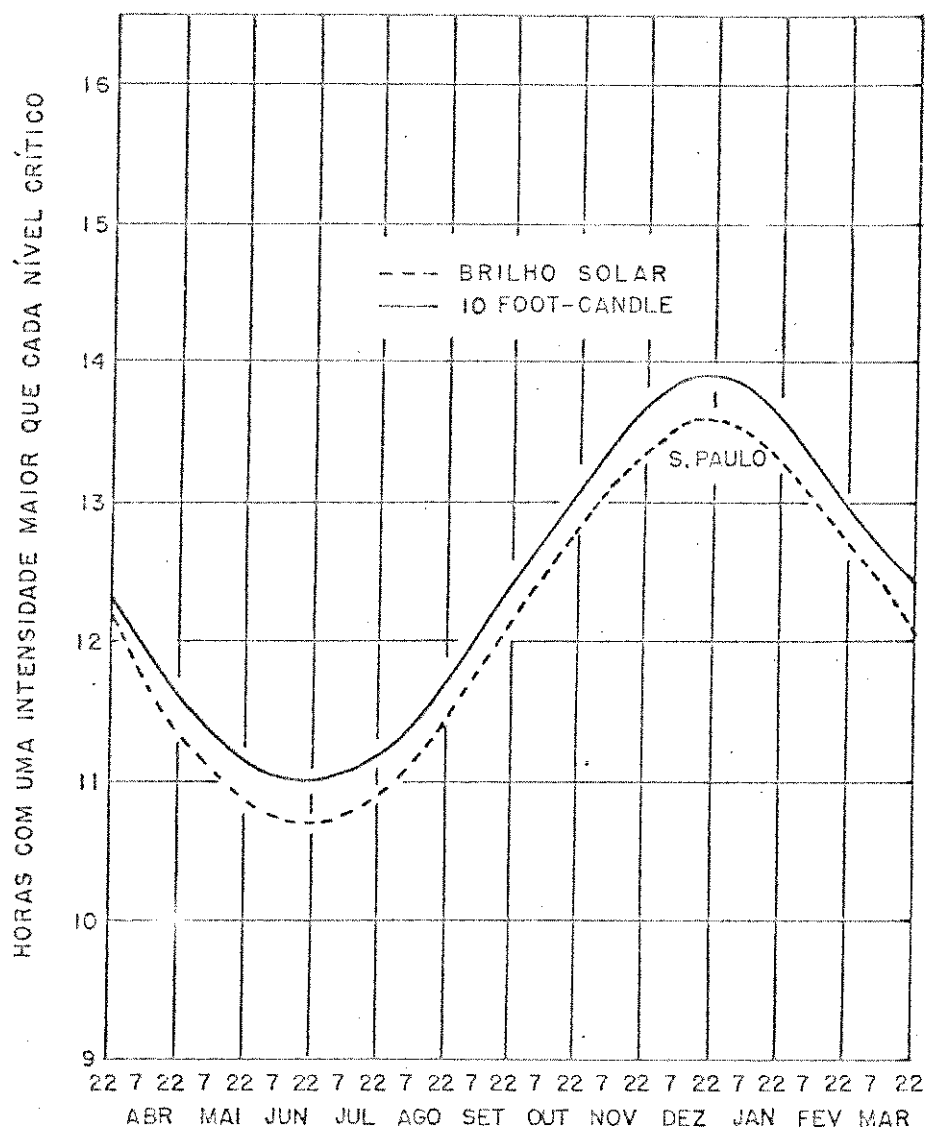


Figura 53 - Fotoperíodo calculado em função do número de horas de brilho solar e do número de horas em intensidades luminosas superiores ou iguais a 10 "foot-candle" (107,6 lux), em São Paulo, SP (latitude $23^{\circ}30'S$, FRANCIS, 1972).

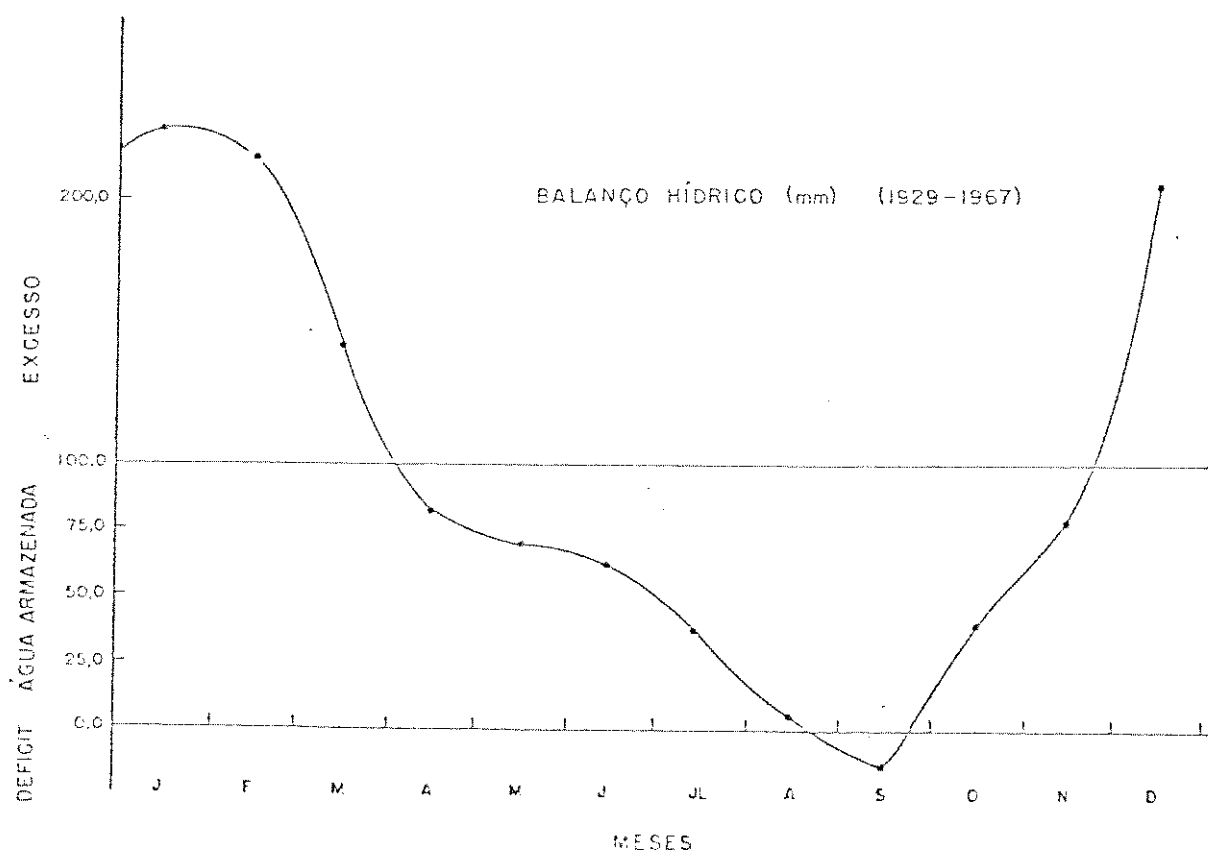
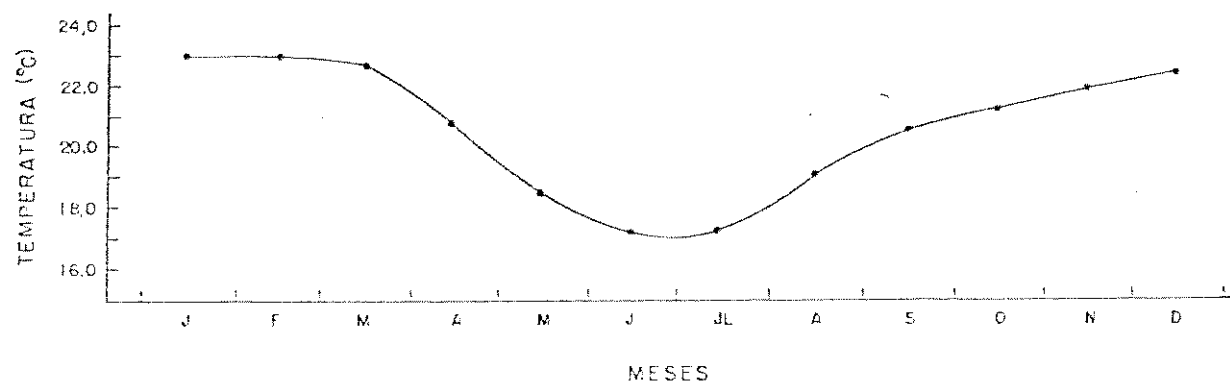
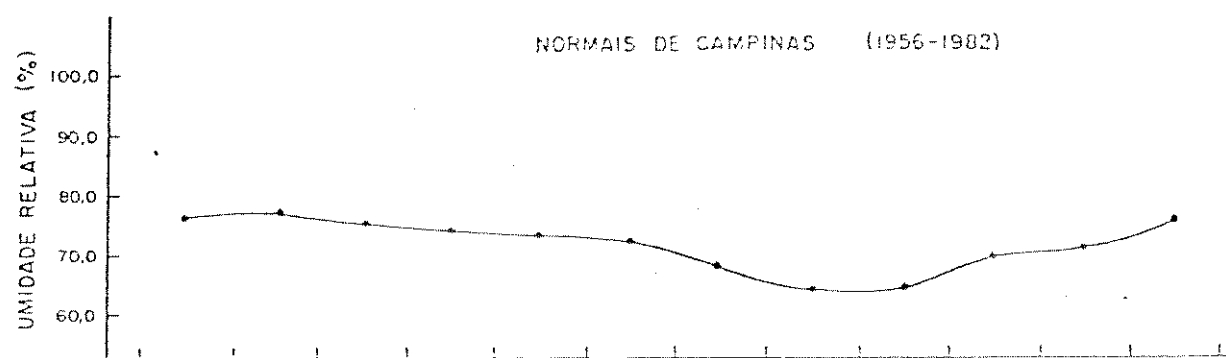
SALISBURY & ROSS (1978), relataram que muitas plantas tropicais são capazes de responder a pequenas oscilações fotoperiódicas anuais em áreas situadas entre 5° e 15° de latitude. Os autores destacaram a existência de muitos tipos de respostas fotoperiódicas e de interações entre a sensibilidade fotoperiódica e temperaturas infra e supra ótimas.

Em Campinas, as temperaturas mais elevadas são registradas em janeiro e fevereiro (23°C), declinando a partir de março e atingindo valores mínimos em junho e julho ($17,3^{\circ}$ e $17,1^{\circ}\text{C}$, Figura 54). A disponibilidade de água no solo e a umidade relativa do ar também tendem a ser reduzidas ao longo do período em questão, alcançando os menores níveis entre os meses de julho e setembro (Figuras 54, 55 e 56). Seria difícil, portanto, associar o fenômeno indutivo à diminuição de temperatura ou déficit hídrico.

Sugere-se que a questão da indução de gemas reprodutivas em *Coffea arabica* esteja situada em uma das seguintes hipóteses:

- (1ª) A indução de ápices reprodutivos seria controlado por um mecanismo fotoperiódico refinado e extremamente sensível, através do qual os cafeeiros detectariam a progressiva diminuição do comprimento do dia, a partir de 22 de dezembro.
- (2ª) A indução de gemas reprodutivas, em condições naturais, estaria subordinada a um mecanismo mais complexo que envolveria a interação entre o foto

Figura 54 - Parâmetros climáticos de Campinas ($23^{\circ}53'S$; $47^{\circ}05'W$; 663m de altitude). Estão plotadas as temperaturas médias ($^{\circ}C$) e as umidades relativas (%) mensais do período (1956-1982). O balanço hídrico, representado na parte inferior do gráfico, foi calculado segundo o modelo de THORNTHWAITE (1948), modificado por CAMARGO (1977). O modelo contabiliza os valores mensais da precipitação pluvial e os valores da evapotranspiração potencial, quantificando a disponibilidade de água no solo no curso do ano. Valores superiores a 100 mm indicam excesso de água. Valores entre 0 e 100 mm representam a quantidade de água armazenada. Em valores abaixo de 25 mm, existe uma certa dificuldade para as plantas absorverem a água disponível. Valores negativos indicam déficit hídrico (CAMARGO, 1977).



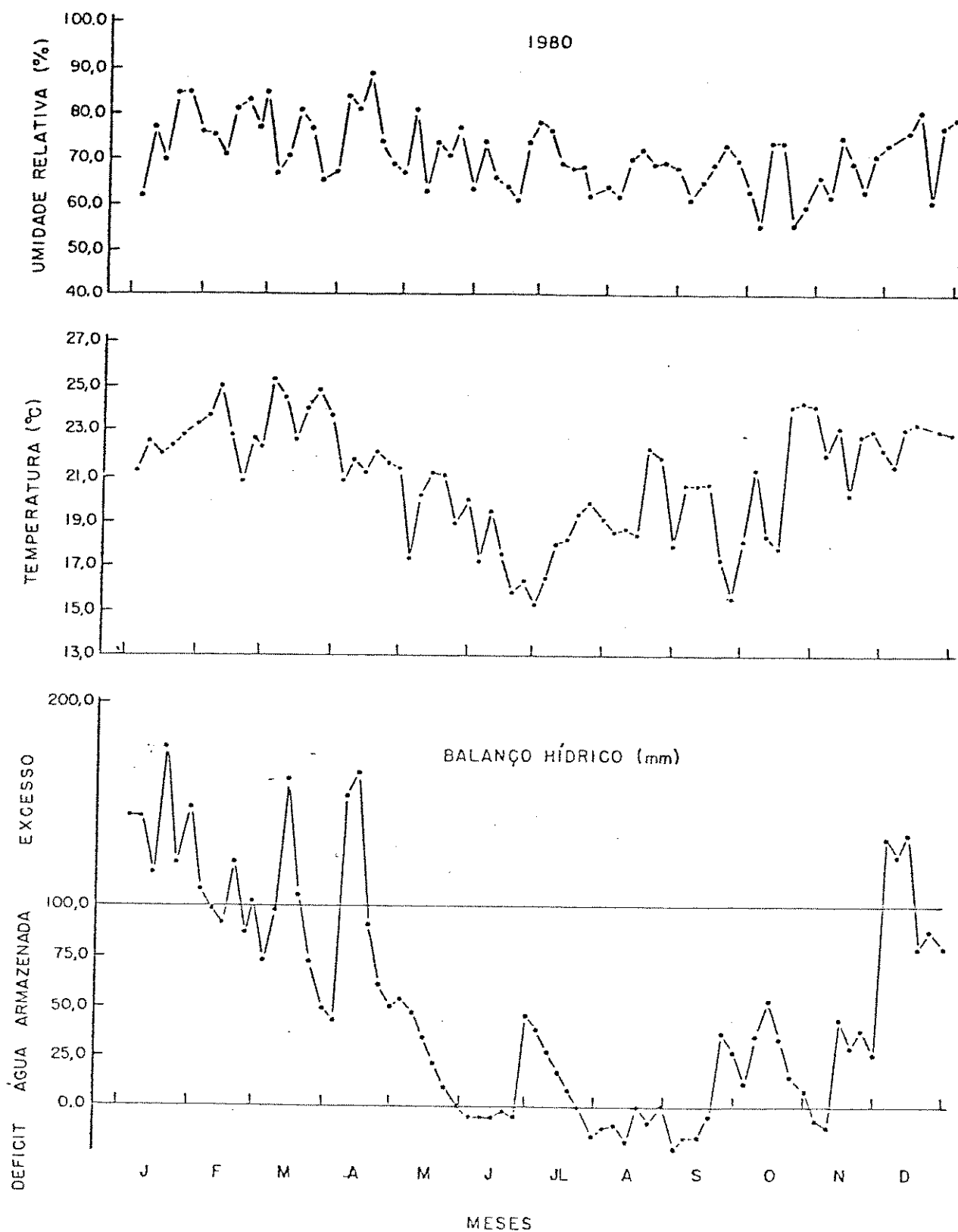


Figura 55 - Caracterização das condições climáticas de Campinas no ano de 1980: temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e balanço hídrico segundo o modelo de THORNTWHAITE (1948), modificado por CAMARGO (1977). Valores calculados por pên-tadas.

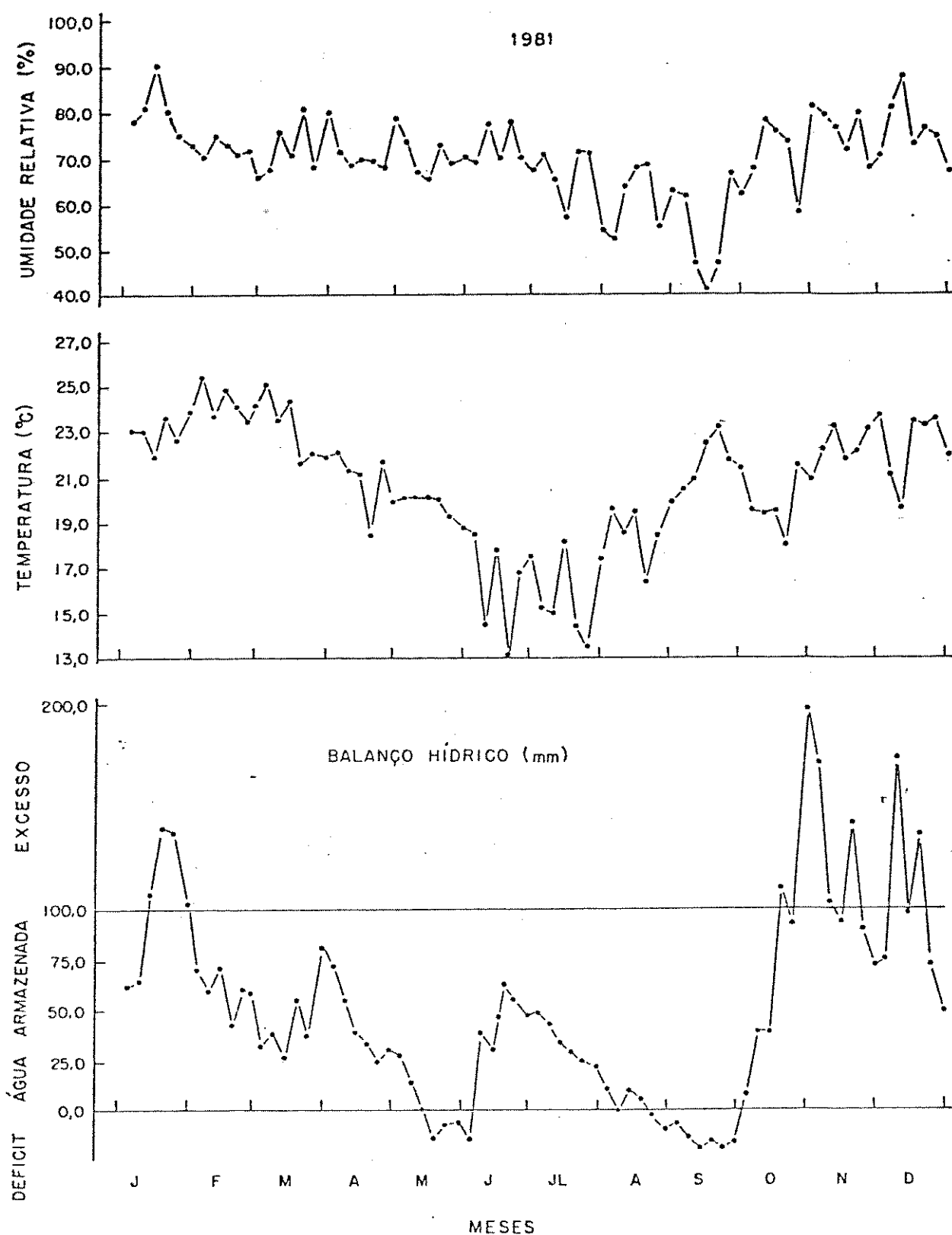


Figura 56 - Caracterização das condições climáticas de Campinas no ano de 1981: temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e balanço hídrico segundo o modelo de THORNTHWAITTE (1948), modificado por CAMARGO (1977). Valores plotados em intervalos de 5 dias.

período, a temperatura e/ou estado hídrico dos cafeeiros. A resposta fotoperiódica poderia ser continuamente modulada por fatores ambientais.

(3ª) A formação de gemas reprodutivas poderia estar associada às condições fisiológicas específicas estreitamente controladas por fatores ambientais (ciclos sazonais de umidade e temperatura). Em macieiras, por exemplo, o início da diferenciação de primórdios florais está vinculado à existência de um número crítico de nós nos ramos reprodutivos (característico para cada cultivar) e a plastocrons inferiores a 7 dias (BUBAN & FAUST, 1982). WORMER & GITUANJA (1970a e 1970b) sugeriram que nas condições do Great Rift Valley (Quênia), o ciclo reprodutivo do cafeeiro encontra-se estreitamente relacionado com o ciclo vegetativo.

(4ª) Nas condições de Campinas, o comprimento dos dias é sempre inferior a 14 horas. Supondo que este fotoperíodo seja indutivo (PIRINGER & BORTHWICK, 1955), a indução floral ocorreria imediatamente após a maturação do nó (gema), e portanto, durante o ano inteiro. Os fatores ambientais (disponibilidade de água e temperatura) e os fatores endógenos teriam um papel fundamental no controle das fases posteriores à indução, ou seja, na diferenciação, crescimento e antese floral.

2. DIFERENCIAÇÃO E CRESCIMENTO DAS GEMAS REPRODUTIVAS EM *COFFEA ARABICA*

Os estudos sobre o desenvolvimento morfológico mostraram que os comprimentos médios das gemas G_1 (obtidos quinze vezes anualmente até as floradas principais de 1980, 1981 e 1982) são representativos de um conjunto de gemas em diversos estádios de desenvolvimento (Figuras 23, 26 e 28). Evidenciou-se igualmente, que em todas as épocas existiam estádios dominantes, o que significa que os comprimentos médios foram determinados pelas fases de desenvolvimento quantitativamente majoritárias. Da mesma forma, as curvas de crescimento acompanharam as tendências e as velocidades das transformações morfológicas.

A distribuição das fases de desenvolvimento, em cada época, seguiu o padrão de uma curva "normal" (curva de Gauss). Por esse motivo, os dados ajustaram-se perfeitamente à transformação probítica. TROJER (1968) relatou que as diferentes fases fenológicas do cafeeiro, em Chinchina (5°N), apresentam uma distribuição anual nitidamente ajustada a uma curva normal, refletindo, em média, o estado ou a condição fisiológica dos cafeeiros em cada momento.

A transformação probítica mostrou-se vantajosa porque sintetiza uma distribuição de frequência através de um valor médio e do desvio padrão. A técnica revelou-se adequada para a comparação do desenvolvimento reprodutivo de diferentes cultivares (Figuras 32 e 33). Tendo-se em vista a facilidade e a rapidez das avaliações dos estádios morfológicos, em condições de campo,

a transformação probítica poderia contribuir para a simplificação dos estudos visando a comparação simultânea de grande número de germoplasmas. A evolução dos valores percentuais de cada estágio, ao longo do tempo, pareceu ser mais apropriada para se analisar, em detalhe, a dinâmica do processo de diferenciação morfológica.

Os gráficos contidos nas Figuras 17b e 20 sugerem que o processo de indução e o processo de diferenciação e crescimento são eventos fisiológicos controlados por fatores ambientais e/ou endógenos distintos.

A diferenciação e crescimento iniciais das gemas induzidas apresentaram aspectos que precisam ser assinalados, tais como:

(1º) A diferenciação histológica (Figura 17b) progrediu em direção aos estádios mais avançados (IV, V e VI) a partir da 2ª quinzena de março de 1980 e 1981. Entretanto, as taxas de diferenciação foram nitidamente mais aceleradas em 1980, coincidindo com a defasagem inicial das curvas de crescimento (Figura 19).

(2º) O aumento dos comprimentos médios teve início na 1ª quinzena de abril de 1980, na 2ª quinzena de abril de 1981 e na 1ª quinzena de abril de 1982 (Figura 20). No mesmo ano (1982), as gemas induzidas do cv. Bourbon Amarelo iniciaram o crescimento já na 1ª quinzena de março (Figura 22).

(39) A diferenciação morfológica, em 1982, foi acentuada mais acelerada no cultivar Bourbon Amarelo (Figura 29). Houve também indicação de que a transição do estágio 1 para o estágio 2 teve início no mês de fevereiro, embora o estágio 1 tenha mantido elevados valores percentuais, no cultivar Catuai Vermelho, durante o mês de março (69,0% em 30/3/82).

Houve uma diferença fundamental entre as plantas de Catuai Vermelho em 1980 e 1981. A produção de 1981 superou a de 1980 em, aproximadamente, 7 vezes (Tabela 1). As plantas utilizadas em 1982 também encontravam-se em ano de alta produção. Porém, eram mais jovens, pertenciam a uma linhagem superior e destacavam-se pelo excelente vigor vegetativo. A produção bienal é um aspecto amplamente conhecido em inúmeras árvores frutíferas (JACKSON & SWEET, 1972; MOSS & BEVINGTON, 1977; MONSELISE & GOLDSCHMIDT, 1982), e no cafeeiro arábica (CLOWES & WILSON, 1977; CLOWES & ALLISON, 1982; FAZUOLI, 1977). FAZUOLI (1977) analisou a produção de 117 progênies pertencentes ao cultivares Mundo Novo, Bourbon Amarelo e Bourbon Vermelho durante 17 anos consecutivos. As produções de todas as progênies foram crescentes até o 4º ano. O nível de produção foi mantido no 5º ano e a partir do 6º a-o iniciou-se o ciclo bienal de produção. No 11º ano de colheita foi atingida a produção máxima, havendo a partir dessa idade flutuações bienais com produção nunca superior ao valor do 11º ano de produção.

Os frutos do cafeeiro são um poderoso sítio de absor

ção de nutrientes e compostos orgânicos (CANNELL & HUXLEY, 1969; CANNELL, 1971b). Dependendo da relação entre as condições vegetativas e nutricionais das plantas e a quantidade de frutos presentes é que se estabelecem os diferentes níveis de depauperamento da estrutura vegetativa (SYLVAIN, 1959). A formação dos frutos, em anos de produção elevada, reduz acentuadamente o crescimento e atividade das partes aéreas e das raízes (NUTMAN, 1933; CANNELL, 1971b, 1975; CLOWES e WILSON, 1977; KUMAR, 1979b). Isto é particularmente importante porque as raízes, além das atividades de absorção, são importantes sítios de produção de citocininas e giberelinas (CLOWES & WILSON, 1977). A diminuição da atividade dos ápices vegetativos limita a produção de meristemas axilares disponíveis para a próxima safra.

WORMER & GITUANJA (1970b) identificaram um efeito inibitório dos frutos sobre o desenvolvimento das gemas reprodutivas ao compararem plantas com produção e plantas cujos frutos haviam sido removidos na fase de chumbinhos. Apesar da diferenciação ter sido mais acelerada nas plantas sem frutos, o florescimento ocorreu na mesma época nos dois grupos de plantas. A diferenciação de gemas florais, em várias árvores frutíferas (decíduas), sofre inibição quando coincide com a presença de frutos em suas fases iniciais de desenvolvimento. Demonstrou-se que, em macieiras, são as sementes que exercem um efeito inibitório sobre a formação de gemas florais. Várias auxinas e giberelinas são produzidas pelas sementes (MONSELISE E GOLDSCHMIDT, 1982). A ação inibitória de algumas giberelinas sobre a diferenciação de gemas florais foi observada em várias árvores frutíferas (JACKSON & SWEET, 1972; ZEEVAART, 1976; PHARIS, 1957; MOSS

& BEVINGTON, 1977; BUBAN & FAUST, 1982; MONSELISE & GOLDSCHMIDT, 1982) e em cafeeiros arábica (CANNELL, 1971c). OPILÉ (1979) do sou o teor endógeno de reguladores de crescimento em frutos de cafeeiro cultivados em Quênia. A atividade das giberelinas foi máxima quando as sementes já estavam completamente formadas, em plena fase de acúmulo de matéria seca (22ª semana após a antese). A partir da 24ª semana, a atividade da fração de giberelinas tor nou-se praticamente nula.

As características da diferenciação e crescimento re produtivos, entre os meses de março e junho de 1980, 1981 e 1982, puderam ser associadas aos diferentes níveis de produção das plantas estudadas (Figura 20). A rápida aceleração do cresci mento durante o mês de junho de 1980 e 1981 se deu imediatamen te após a colheita parcial dos frutos no final de maio (38% em 29/5/80; 82% em 30/5/81; Tabela 1). Deve-se ressaltar que na época predominavam temperaturas infra-ótimas para o cafeeiro (média mensal de 17°C em 1980 e 16,3°C em 1981). A tendência ex ponencial assumida pela curva de crescimento das gemas em julho de 1982 coincidiu com a colheita de 100% dos frutos no final de junho (24/6/82). Ao mesmo tempo, as temperaturas mantiveram-se elevadas nos meses de junho e julho (médias mensais de 18,4°C e 18,0°C).

A comparação entre os cultivares Bourbon Amarelo e Ca tuai Vermelho, em 1982, também produziu informações esclarece doras sobre a influência dos frutos no processo de desenvolvi mento reprodutivo. Neste ano, os cafeeiros do cultivar Bourbon Amarelo também caracterizaram-se pela alta produção. Mas a quan tidade de frutos foi aproximadamente quatro vezes menor do que

a produção do Catuai Vermelho (Tabela 1). O florescimento de Bourbon Amarelo distribuiu-se entre os meses de agosto e outubro de 1981, sendo que, na florada principal (12/10/81), houve antese de 56,7% dos botões florais. Já o florescimento de Catuai Vermelho concentrou-se na florada principal (12/10/81) tendo correspondido a 73,3% dos botões florais produzidos em 1981 (Tabela 7). As combinações entre a distribuição das floradas e a quantidade de frutos devem afetar de maneira diversa as atividades reprodutivas dos cafeeiros, principalmente durante a época de desenvolvimento das sementes. A Figura 57 representa, de forma esquemática, a sequência das fases de desenvolvimento dos frutos ao longo do tempo, segundo as informações de WORMER & NJUGUNA (1966), obtidas em Quênia. Considerou-se válido utilizar a cronologia estabelecida por WORMER & NJUGUNA (1966) porque o tempo necessário para a maturação dos frutos de *C. arabica* nas condições de Quênia (29-35 semanas) e de Campinas (30-35 semanas) é semelhante. A etapa de acúmulo de matéria seca nas sementes (formação das reservas de endosperma) originadas nas floradas principais de outubro coincidiria com os meses de fevereiro e março. Aparentemente, a intensificação do crescimento e desenvolvimento reprodutivos no cultivar Catuai Vermelho - a partir de abril de 1980 e 1982 - e do cv. Bourbon, a partir de fevereiro/março de 1982, pode estar relacionada ao término da época principal de assimilação de matéria seca pelos frutos. A quantidade de frutos parece ter influenciado as taxas de crescimento das gemas reprodutivas até a época da colheita, sendo que seu efeito mais marcante foi registrado em 1981 (Figura 20).

A existência de um componente hormonal, na restrição ao desenvolvimento reprodutivo pelos frutos, foi sugerida pela

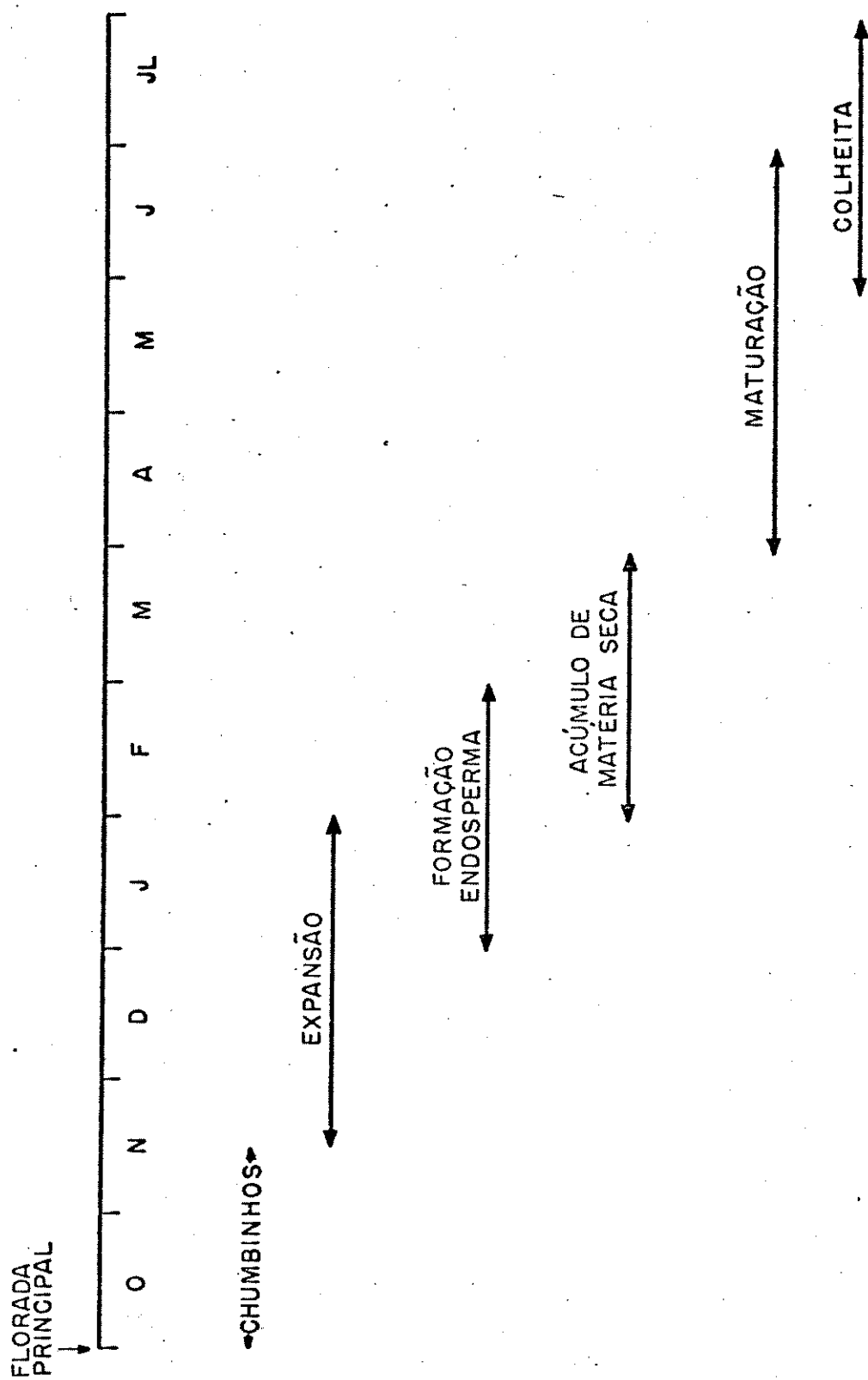


Figura 57 - Representação esquemática das fases de desenvolvimento dos frutos ao longo do tempo, teoricamente adaptado para as condições de Campinas, de acordo com o trabalho de WORMER & NJUNGUNA (1966).

curva de crescimento de 1981. Neste ano, os frutos da florada principal amadureceram no início de maio (6/5/81), o que significa que as exigências nutricionais dos frutos foram reduzidas a um mínimo a partir deste período. Todavia, as maiores taxas de crescimento só foram alcançadas em junho, após a colheita parcial dos frutos, em 29/5/81 (Figura 19).

No âmbito do presente estudo, não foi possível identificar a influência da temperatura e das condições híbricas sobre a diferenciação e crescimento reprodutivos, entre os meses de março e junho (Figuras 55, 56, 58), TROJER (1956) sugeriu que a diferenciação de gemas florais, em Chinchiná (5°N Colombia) é intensificada nos períodos de seca. WORMER & GITUANJA (1970a) consideraram que as temperaturas mais amenas do ano favorecem a diferenciação nas condições de Riuru e Mariene (1°S), em Quênia. KUMAR (1979b, 1982) argumentou que as evidências descritas na literatura sobre o cafeeiro são suficientes para se supor que um estresse hídrico moderado estimule a diferenciação de estruturas reprodutivas. Na concepção do autor, a elevação dos níveis endógenos do ácido abscísico (ABA), em função do déficit hídrico, estimularia a diferenciação de gemas florais. Os resultados aqui discutidos indicam que as condições endógenas dos cafeeiros (produção, vigor vegetativo e estado nutricional) exercem um efeito dominante sobre o processo de desenvolvimento reprodutivo no período anterior e posterior à colheita (março a junho). De acordo com CAMARGO et al (1979), estudos visando estabelecer as relações entre os fatores climáticos e as flutuações da produtividade do cafeeiro devem, necessariamente, considerar a produção do ano anterior para atender aos efeitos do ciclo bienal. Caso contrário, a importância das variáveis climá

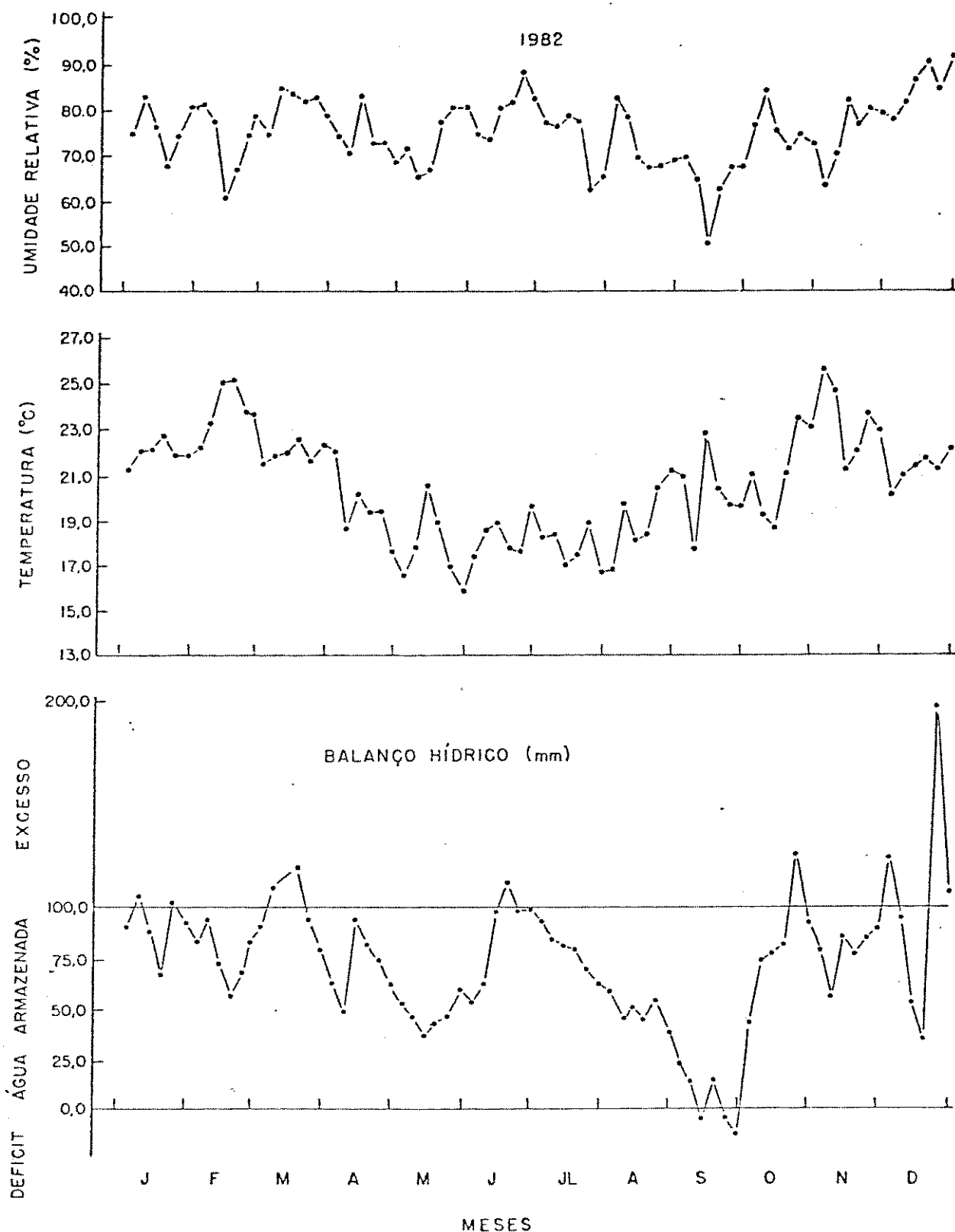


Figura 58 - Condições climáticas de Campinas em 1982: temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativas (%) e balanço hídrico, segundo modelo de THORNTHWAITE (1948), modificado por CAMARGO (1977), plotados por pêncladas.

ticas ficaria mascarada pela influência que a produção de um ano exerce sobre a do ano seguinte.

A nítida redução do crescimento das gemas reprodutivas, em torno do mês de julho de 1980 e 1981, parece ser resultado de restrições ambientais. Aparentemente, a temperatura foi o fator mais importante. As menores taxas de crescimento situaram-se entre 23/6 e 7/7 em 1980 e entre 16/7 e 1/8 em 1981, períodos marcados pelas temperaturas mais baixas do ano - média de 16°C em 1980 e de 15,1°C em 1981 (Figuras 19, 55 e 56). A retomada do crescimento durante o mês de agosto coincidiu com a elevação da temperatura e com o aumento dos níveis de deficit hídrico (Figuras 19, 55 e 56).

As altas taxas de crescimento das gemas reprodutivas observadas em julho de 1982 podem ser atribuídas à remoção total dos frutos em 24/6/82 e às temperaturas que oscilaram em torno de 18°C. A faixa térmica favorável ao cafeeiro arábica situa-se entre 18°C e 21°C (ALEGRE, 1959; CAMARGO, 1977). Não houve restrição à disponibilidade de água no período (Figuras 20 e 58).

A diminuição das taxas de crescimento, na etapa final das curvas de crescimento, pode ser associada à transição da grande maioria das gemas florais para o estado de dormência, evento amplamente conhecido nas regiões cafeeiras com períodos chuvosos e secos bem definidos (Figuras 23, 24, 25b, 26 e 27b).

3. FLORESCIMENTO DE *COFFEA ARABICA* EM 1980, 1981 e 1982

As gemas florais de *Coffea arabica*, após tornarem-se externamente visíveis, desenvolvem-se até cerca de 4-6mm quando paralizam o seu crescimento (Figura 59; FREDERICO & MAESTRI, 1970; SONDAHL & SHARP, 1979). A fase de dormência das gemas florais coincide com a estação mais seca do ano (Campinas - julho a setembro). Em Campinas, o período de florescimento é caracterizado pela ocorrência de sucessivas floradas. Após precipitações ocasionais, as gemas florais crescem rapidamente e a abertura das flores ocorre aproximadamente 10 dias após as chuvas. Normalmente, uma das floradas é mais intensa, sendo denominada florada principal. As diversas floradas, registradas entre os meses de agosto e novembro, são consequência do processo assincrônico de diferenciação e crescimento das gemas reprodutivas e da distribuição das chuvas no período. A florada principal se dá entre setembro e outubro, após o restabelecimento de um balanço hídrico favorável ao cafeeiro (Figura 54).

Os gráficos representativos das precipitações diárias (Figura 34), da umidade relativa do ar e do balanço hídrico (Figura 55) mostram claramente que as duas primeiras floradas do cultivar Catuai Vermelho, no ano de 1980, foram promovidas por precipitações que pouco afetaram o déficit hídrico vigente (Tabela 4). Segundo o modelo de THORNTHWAITE (1948), as plantas já teriam dificuldade de utilizar a água armazenada abaixo de 25 mm. Durante o período seco, as oscilações de temperatura demonstraram ter maior influência sobre a umidade relativa do ar do que as chuvas eventuais de pequena intensidade. A umidade

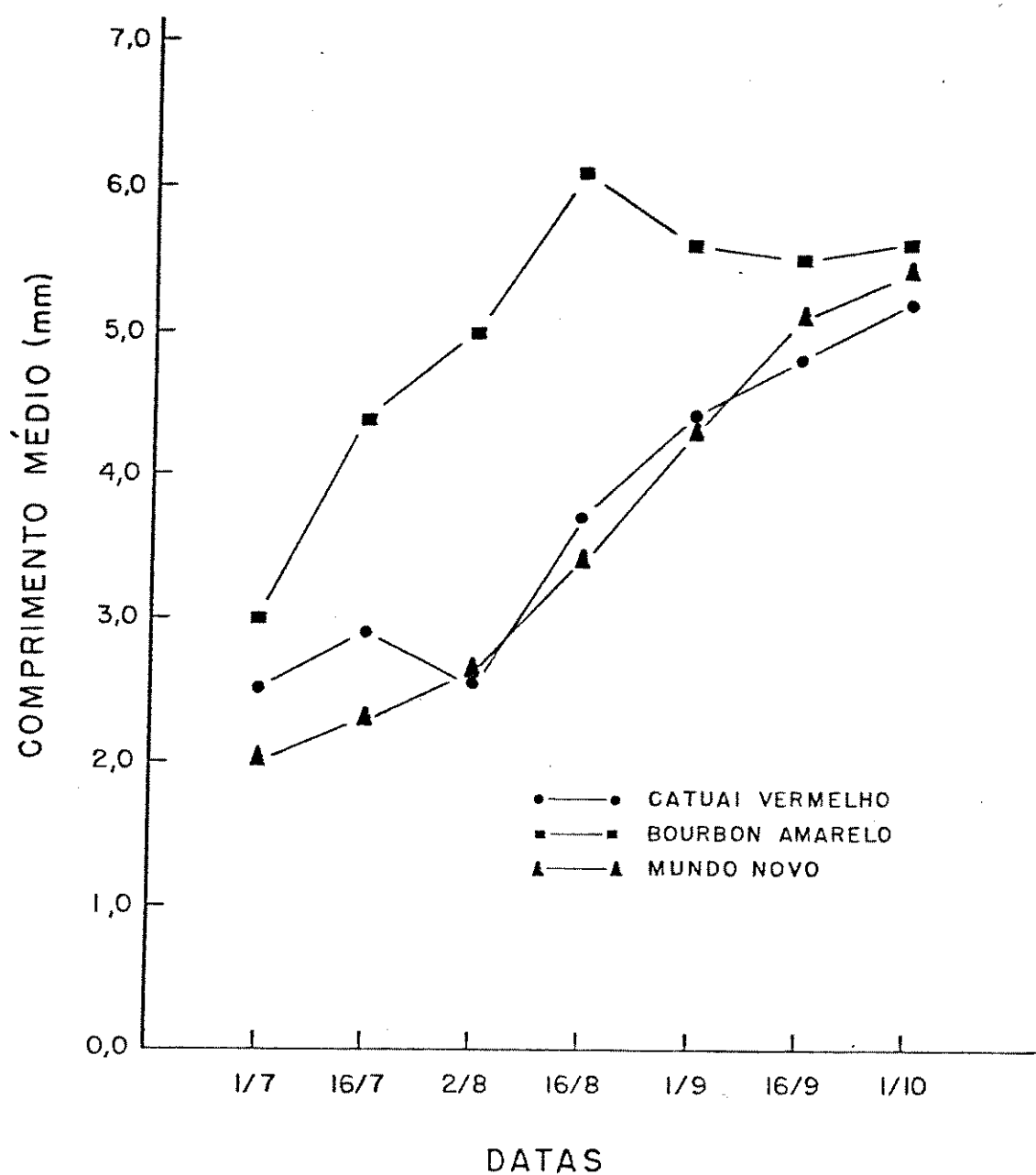


Figura 59 - Curvas de crescimento de gemas florais, situadas em inflorescências desenvolvidas a partir das gemas seriadas G_1 , pertencentes a cafeeiros dos cultivares Catuai Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Amarelo no período de 1/7 a 1/10/81.

relativa do ar variou entre 70% e 62% entre os meses de julho e setembro, sendo que o progressivo aumento das temperaturas acentuou mais ainda a demanda evapotranspiratória do ar. A florada principal de 1980 (1/10/80 - 64,2%) somente ocorreu após um nível de precipitação suficiente para o restabelecimento de um balanço hídrico favorável às atividades do cafeeiro (56,8 mm - 18 a 22/9/80; Figuras 34 e 55). Níveis pluviométricos inadequados, neste período, causam o surgimento de anomalias florais e, conseqüentemente, queda na produção (BARROS et al, 1978).

Em 5/8/81, registrou-se uma florada de ordem de 10,5% nas plantas do cultivar Bourbon Amarelo (Tabela 6). A Figura 56 indica a existência de plena disponibilidade de água no solo durante a 1ª quinzena de julho. A umidade relativa do ar decresceu rapidamente, tendo variado de 70% para 57% no período. Vários autores sugeriram que um estresse hídrico acentuado pode desenvolver-se em cafeeiros, sem limitação de umidade nas raízes, quando a demanda evapotranspiratória do ar é muito elevada (BOYER, 1969; BROWNING & FISHER, 1975; KUMAR, 1979b; KUMAR & TIEZEN, 1980b; JARAMILLO & VALENCIA, 1980). Na 2ª quinzena de julho, a tendência inverteu-se, havendo um rápido aumento na umidade relativa do ar que passou de 57% para 71% entre 15 e 20/7/81. Ao mesmo tempo, foram registradas pequenas precipitações-3,0 mm (19 e 20/7/81) e 2,5 mm (25 e 26/7/81; Figura 37), e grandes quedas na temperatura (18,0⁰C para 13,5⁰C - 15/7 a 25/7). Diante destas condições, seria lícito supor que as plantas de Bourbon Amarelo floresceram em resposta ao restabelecimento de um balanço hídrico favorável devido a eventos atmosféricos, não envolvendo alterações nos níveis de umidade das raízes. ALVIM (1973) sugeriu esta explicação ao contestar a hipótese de que as rápidas que

das de temperatura atuariam diretamente no estímulo à antese. . Deve-se ressaltar que a geada de 20/7/81 não afetou as plantas de Bourbon Amarelo.

As precipitações registradas em 19/8/81 (11,8 mm, Figura 37) foram suficientes para promover a abertura de flores nos cafeeiros dos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo em 1/9/81, mas não causaram modificações apreciáveis na água armazenada e na umidade relativa do ar (Figura 56; Tabelas 5 e 6).

A 1ª florada do Bourbon Amarelo (5/8/81) juntamente com as diferenças de magnitude entre as floradas dos cafeeiros de Catuai Vermelho (9,5%) e Bourbon Amarelo (24,2%), em 1/9/81, evidenciaram a interação entre as condições climáticas e as características endógenas das plantas. A maior precocidade no florescimento de Bourbon Amarelo coincidiu com os dados de crescimento e desenvolvimento reprodutivos.

As intensas chuvas ocorridas entre 3/10 e 8/10/81, totalizando 74,5 mm, promoveram a florada principal de 1981 (12 / 10/81, Figura 37). Apesar do acentuado nível de estresse a que as plantas estiveram submetidas, a proporção de atrofia florais ("estrelinhas" e gemas secas) foi bem inferior ao esperado (6,5% no Catuai; 9,1% no Bourbon). CAMARGO et al. (1979) efetuaram regressões múltiplas entre a produção cafeeira e os parâmetros meteorológicos ocorridos em diferentes meses, bimestres e trimestres do ano anterior. A precipitação pluvial e a frequência de chuvas foram os parâmetros climáticos que apresentaram melhores correlações com a produtividade cafeeira nas 6 localidades do Estado de S. Paulo estudadas. O trimestre julho- agosto-setembro e o bimestre julho-agosto foram os períodos que a

presentaram as correlações mais significativas. Os autores con
cluíram que precipitações muito baixas na época de diferencia
ção das gemas florais e durante o florescimento tiveram grande
influência sobre a produtividade cafeeira.

O outono e o inverno de 1982 destacaram-se por índi
ces pluviométricos excepcionalmente elevados. Na época da 1ª e
2ª floradas (22/8 e 29/8/82) a água disponível encontrava-se a
cima de 50 mm (Figura 58). Entre 5/8 e 15/8 a umidade relativa
decreceu de 83% para 70%, mantendo-se nesse nível até o final
de agosto. As chuvas associadas às duas floradas (Figura 39),
não provocaram modificações visíveis na umidade relativa do ar
e no nível de água armazenada no solo (Figura 58), sugerindo que
seus efeitos resultaram de alterações momentâneas no estado hí
drico dos cafeeiros. As circunstâncias das floradas prelimina
res de 1980 e 1981 (1ª e 2ª floradas) foram parecidas, mas as
plantas estudadas estavam submetidas à condições de deficit hí
drico. Nas condições experimentais de MAGALHÃES & ANGELOCCI,
(1976), o efeito da irrigação na quebra da dormência foi atri
buído à existência de uma brusca reversão do gradiente de poten
cial da água entre as gemas florais e as folhas subjacentes.

Os cafeeiros experimentaram estresse de água durante o
mês de setembro de 1982, quando registraram-se deficits hídri
cos (segundo THORNTHWAIT, 1948). As umidades relativas oscila
ram entre 70% e 51% (Figura 58). Há indícios de que a 3ª flora
da ocorreu em função do rápido aumento da umidade relativa do
ar que acompanhou a precipitação do dia 19/9/82 (2,0 mm): de 51%
para 63% entre 15 e 20/9/82. Cabe destacar a grande sensibili
dade das plantas de Bourbon Amarelo às oscilações de umidade re

lativa do ar. Nestes cafeeiros registrou-se a abertura de 28% de botões florais durante a 3ª florada.

As precipitações elevadas dos dias 2 e 3/10/82 (47,0mm) induziram as floradas mais intensas no cultivar Catuai Vermelho (10/10/82, Tabelas 8 e 9).

Os dados de 1982 sugeriram que um estresse hídrico acentuado não é uma condição necessária para que as floradas ocorram. Entretanto, a seca, além de concentrar as floradas (por impedir a antese prematura das gemas florais mais adiantadas), parece promover a aceleração da etapa final de diferenciação das gemas florais. Pode-se supor que algum processo associado ao estresse hídrico contribua para o estabelecimento da maturidade fisiológica das gemas florais. BROWNING (1977) acredita que a dormência das gemas florais assim como a sua liberação envolvem um mecanismo no qual o ABA (ácido abscísico) e o GA (ácido giberélico) exerceriam um papel fundamental. O ABA, aplicado previamente sobre as gemas florais, teve capacidade de inibir o efeito da irrigação ou da chuva, mas à medida que o estresse hídrico se acentou sua eficácia decresceu (BROWNING, 1977). De modo oposto, o poder estimulatório do GA₃ sobre as gemas florais aumentou com o prolongamento da seca (ALVIM, 1958, 1960b; BROWNING, 1971). Há, portanto, indícios experimentais de que a maturidade fisiológica das gemas florais seja favorecida pela seca.

As plantas mais jovens do cultivar Catuai Vermelho (4 anos de idade) revelaram-se um pouco mais precoces nas duas primeiras floradas de 1982 (Tabelas 8 e 9). Este fato há havia si

do constatado numa avaliação dos estádios morfológicos em 27/7/82 (Tabela 34). FAZUOLI (1977) demonstrou que o fenômeno de produção bienal somente se manifesta a partir do 6º ano de idade em alguns cultivares de *Coffea arabica*. Talvez o balanço entre a estrutura vegetativa (incluindo raízes) e a produção seja mais favorável ao desenvolvimento reprodutivo nas plantas mais jovens.

As observações sobre o florescimento, durante três anos consecutivos, envolvendo diversos cultivares *Coffea arabica* (Tabelas 4 a 10), indicaram que as gemas seriadas G_1 e G_2 são as principais responsáveis pela produção de flores e frutos. Da mesma forma, a desuniformidade de florescimento e maturação resultam, principalmente, da assincronia na diferenciação e desenvolvimento das gemas florais originadas a partir das gemas G_1 e G_2 .

4. MATURAÇÃO DOS FRUTOS EM COFFEA ARABICA

O estudo da maturação dos frutos, provenientes das quatro floradas sucessivas registradas em 1980, vem confirmar que a desuniformidade de maturação resulta da defasagem entre as floradas do ano anterior (Figura 43). O número de dias entre a antese e maturação (80% de frutos vermelho-escuros) foi semelhante para as quatro floradas (220 dias, 217 dias e 225 dias). O padrão das curvas de maturação das três primeiras floradas, aparentemente, está relacionado com as temperaturas dos meses de abril e maio ($20,8^{\circ}\text{C}$ e $19,7^{\circ}\text{C}$, respectivamente; Figura 52).

Tabela 34. Estádio morfológico médio das gemas seriadas G_1 em 27/07/82 (cafeeiros do cv. Catuai Vermelho).

Idades	$\bar{X}$	S	Limites de confiança
			($\alpha = 0,05$)
4 anos	5,7	1,1	5,7 $\pm$ 0,7
8 anos	4,7	0,9	4,7 $\pm$ 0,6

O processo de maturação dos frutos das floradas principais de 1980 e de 1981 foi semelhante (Tabela 11 e Figura 44). Entretanto, a formação de frutos vermelho-escuros foi um pouco mais lenta em 1982, possivelmente, porque coincidiu com a predominância de temperaturas baixas (maio/82 - $17,8^{\circ}\text{C}$; Figuras 54). A mesma etapa, em 1981, se deu num período em que as temperaturas mantiveram-se em torno de $20,6^{\circ}\text{C}$ (Figura 52).

O atraso da maturação, em 1983, esteve associado às condições do tempo anormais durante os meses de abril e maio (Figura 44). A Tabela 35 e a Figura 60 mostram que as chuvas foram excessivas, bem distribuídas e que o tempo permaneceu nublado ou encoberto durante a maior parte do período de maturação (25 dias em abril e 25 dias em maio), o que resultou numa sensível diminuição do número de horas de insolação. A limitação da energia radiante deve ter sido um dos principais fatores responsáveis pelo atraso na maturação dos frutos neste ano. TROJER (1968 ; Colombia) relatou que nas áreas cafeeiras de maior altitude, caracterizadas pela maior nebulosidade, o processo de maturação é mais lento. Provavelmente, a diminuição das temperaturas com a altitude também contribui para a maior lentidão do amadurecimento. A discrepância do processo entre os cafeeiros de 9 anos e 5 anos de idade foram relacionadas à posição dos ramos na copa dos cafeeiros. Nas plantas mais jovens, os ramos situavam-se no terço superior das plantas. Nos cafeeiros de 9 anos de idade, os ramos localizavam-se no terço médio da copa, o que deve ter ocasionado uma restrição adicional ao recebimento da energia radiante. Normalmente, os frutos localizados nas regiões sombreadas do cafeeiro, principalmente na porção basal da copa (saia), amadurecem mais tardiamente. Pelomes

Tabela 35. Condições climáticas nos meses de abril e maio de 1981, 1982 e 1983.

Anos	Abril			Maio		
	chuvas (mm)	nº dias claros	nº horas de brilho solar	chuvas (mm)	nº dias claros	nº horas de brilho solar
1981	21,4	10	240,2	24,8	17	253,9
1982	68,6	13	252,2	33,4	12	227,5
1983	140,5	5	179,9	257,6	6	160,5

Dados meteorológicos do Centro Experimental de Campinas. (Seção de Climatologia).

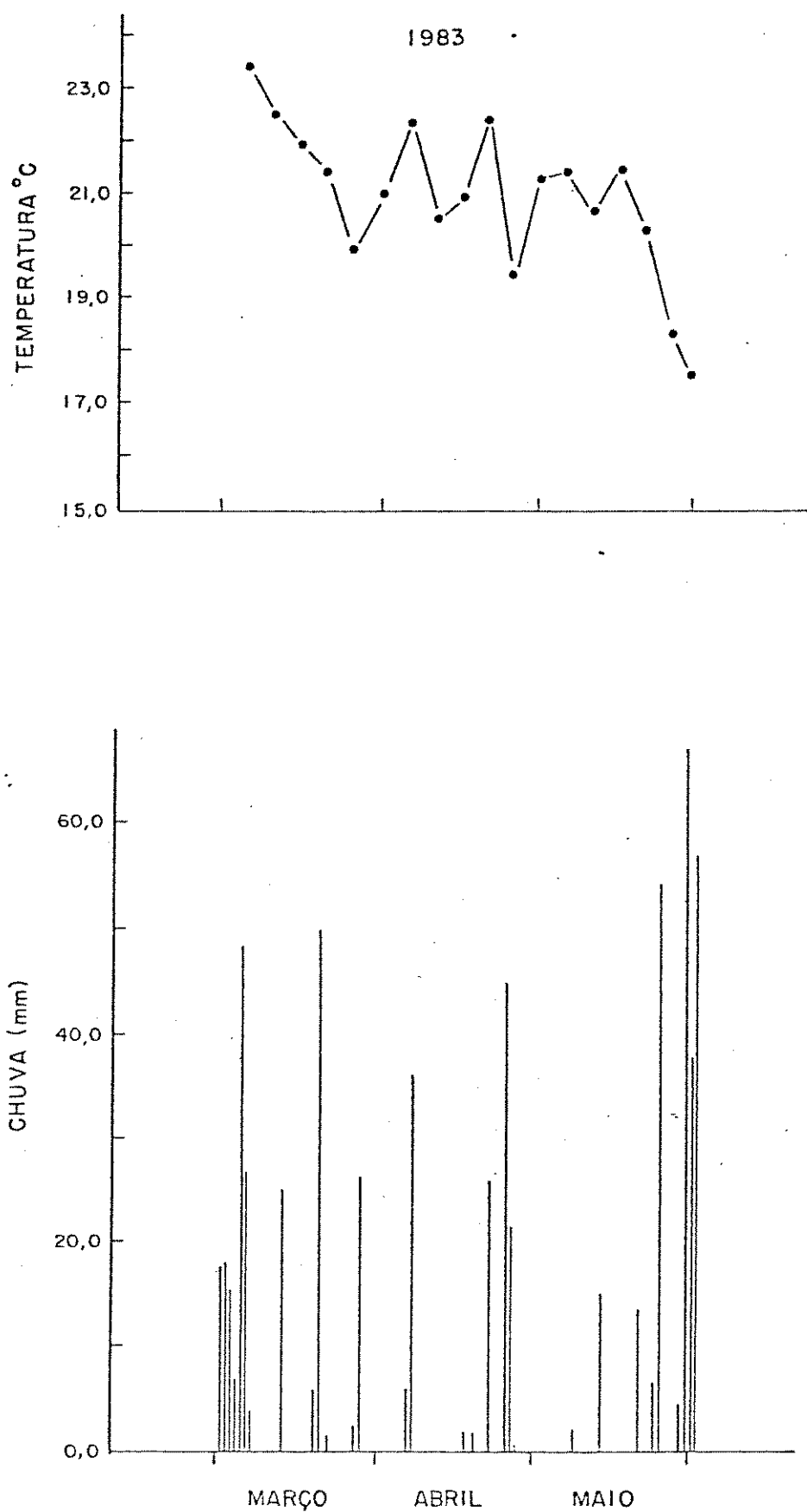


Figura 60 - Gráfico representativo das temperaturas médias (°C) e da precipitação diária (mm) entre 1/3 e 31/5/83. Dados do Centro Experimental de Campinas (Seção de Climatologia).

mo motivo, a maturação tende a ocorrer do ápice para a base num mesmo ramo lateral. A diferença entre os ramos controle e os ramos da florada principal, nas plantas de 9 anos de idade, também pode ser atribuída à localização dos ramos na copa das plantas (Figura 45b). A queda abrupta dos valores percentuais, a partir de 17/5/83, foi ocasionada pelas intensas precipitações do final de maio. As chuvas, no período de maturação máxima, promovem a ruptura dos pericarpos e o colapso dos pedúnculos, acarretando a senescência prematura dos frutos (Figura 60).

Tendo em vista os presentes resultados, pode-se sugerir que o espaço de tempo entre a antese e a completa maturação dos frutos foi influenciado pelas condições climáticas reinantes durante a transição para a etapa de maturidade fisiológica plena (Figuras 3 e 4). Os fatores climáticos mais importantes para a maturação parecem ser a temperatura e a radiação solar, dentro de um mesmo genótipo (cultivar).

CAMARGO (1977) relatou que o cafeeiro arábica, quando cultivado acima de 23°C, apresenta frutos com desenvolvimento e maturação muito precoces, coincidindo com a época úmida e quente (fevereiro-março). Temperaturas médias anuais inferiores a 18°C provocam grande atraso no desenvolvimento dos frutos cuja maturação se dá na época da florada seguinte. Segundo TROJER (1968), o ciclo produtivo do cafeeiro na Colômbia, do florescimento à colheita, dura, em média, 215 dias a 5°N e 240 dias a 11°N. Em Chinchiná (5°N, Colômbia; GOMEZ, 1977) e em Campinas (22°53'S, SONDAHL & SHARP, 1979) os frutos de *Coffea arabica* amadurecem em cerca de 224 dias após a abertura das flores. A maturidade fisiológica dos frutos de *Coffea arabica* cv. Mundo Novo

vo, nas condições de Lavras (MG), foi atingida 220 dias após o florescimento. Em Quênia (RIURU - 1°S) a maturação dos frutos ocorre entre os 206 e 266 dias posteriores à antese. Aparenteente, nas áreas aptas ao cultivo de *Coffea arabica* (faixa termica entre 18° a 23°C) o tempo necessário para o amadurecimento dos frutos oscila entre 206 e 266 dias. Esta variação pode ser atribuída a diferenças fenotípicas entre cultivares, bem como diferenças em latitude e altitude das plantações comerciais.

A maior precocidade do cultivar Arábica está de acordo com os dados da literatura (MENDES, 1951). O Bourbon Amarelo é mais tardio que o Arábica (MENDES, 1951), porém, em relação ao Mundo Novo tende a ser mais precoce (FAZUOLI, 1977). A inversão da ordem de amadurecimento, em 1982, pode ser atribuída à precária condição vegetativa do Bourbon Amarelo na época da maturação em oposição ao ótimo vigor das plantas de Mundo Novo (Tabela 12). O cultivar Catuai Vermelho demonstrou ser um pouco mais tardio em 1982. A maturação dos frutos neste cultivar, somente acelerou-se 197 dias após a antese (27/4/81). Nos demais cultivares, o processo acelerou-se 185 dias após a antese (15/4/81; Figura 46).

5. EFEITO DE FITORREGULADORES EXÓGENOS SOBRE AS GEMAS REPRo DUTIVAS DE *COFFEA ARABICA* cv. CATUAI VERMELHO

Os experimentos efetuados em 1981 e 1982 visaram obter informações sobre a ação de reguladores de crescimento nas diferentes fases de desenvolvimento das estruturas reprodutivas do cafeeiro, ou seja, na diferenciação e antese das gemas florais.

5.1. Experimentos de 1981

Em 1981, os reguladores de crescimento foram aplicados sobre inflorescências contendo gemas florais já diferenciadas (dormentes) ou em estágio avançado de diferenciação anatômica e fisiológica. Deve-se destacar que os cafeeiros experimentaram um stress hídrico severo durante os meses de agosto e setembro de 1981 (Figuras 37 e 56).

O fitorregulador GA_{4-7} , aplicado nas duas épocas, foi capaz de promover a antese de maior quantidade de flores nas floradas que antecederam a florada principal de 1981 (10/10/81). O GA_{4-7} atuou ampliando o efeito estimulatório das precipitações e alterações atmosféricas (umidade relativa do ar e temperatura do ar) responsáveis pelo estímulo da antese. O efeito mais pronunciado do GA_{4-7} ocorreu em 29/7/81, nos ramos da época I e em 10/9/81, nos ramos da época II. A indução das flores observadas nas duas datas esteve associada a rápidos aumentos na umidade relativa do ar e a precipitações de baixa intensidade que interromperam o período de déficit hídrico. BROWNING (1977), em Quênia, destacou que o estímulo da antese pelas chuvas independe de seus efeitos sobre a umidade do solo, podendo ser atribuído à rápida redução da temperatura do ar. ALVIM (1973) defendeu a hipótese de que as rápidas reduções na temperatura atuariam de forma indireta, promovendo bruscas alterações no estado hídrico dos cafeeiros.

BROWNING (1971) observou que pulverizações de GA_3 (50 e 100 ppm), efetuadas após precipitações, aumentaram significativamente a proporção de flores abertas. Alguns autores demons

traram que giberelinas, aplicadas sobre gemas florais, podem substituir o estímulo gerado pelas chuvas ou pela irrigação (ALVIM, 1958, 1960a; BROWNING, 1971). BROWNING (1973a) verificou que o nível endógeno de giberelinas, nas gemas florais, aumenta rapidamente nos quatro primeiros dias que se seguem ao estímulo ambiental da antese, declinando quando as gemas começam a crescer e absorver água rapidamente.

Na literatura sobre o cafeeiro não foram encontrados elementos para se discutir o papel dos tratamentos GN-I e GN-II na redução do número de gemas florais dormentes durante a florada principal. Aparentemente, o estímulo da abertura de maior número de flores, antes da florada principal de 1981, pode ser atribuído à ação isolada do GA₄₋₇.

As atrofias florais mais comuns na florada principal de 1981 foram as "estrelinhas", que se caracterizam pela segmentação do terço superior da corola e pelo estigma projetado acima da altura da corola. Normalmente, este tipo de anormalidade surge quando existem condições desfavoráveis ao desenvolvimento dos botões florais em direção à antese, tais como: temperaturas elevadas (MES, 1957) e baixas (ALCIDES CARVALHO, informação pessoal) e chuvas insuficientes (BARROS et al, 1978). Os tratamentos que incluíam o GA₄₋₇ e o NAA aumentaram significativamente o percentual de atrofias florais (Tabelas 15 e 21). O GA₄₋₇ contribuiu para elevar o Índice de anormalidades apenas na época II. Nos meses de agosto e setembro de 1981, os cafeeiros experimentaram um estresse hídrico pronunciado.

Os tratamentos da época II, particularmente o GA₄₋₇, provocaram uma grande abscisão das flores abertas até 10/9/81, o mesmo não se dando nos ramos tratados na época I (Tabelas 16 e 22). As flores estimuladas pelos tratamentos GA-II e GN-II abriram num período de acentuado déficit hídrico (Figura 56). Provavelmente, o nível de hidratação dos tecidos não foi suficiente para garantir o desenvolvimento normal dos botões florais estimulados a abrir, causando distúrbios fisiológicos não aparentes durante a antese.

Os tratamentos de 1981 também produziram efeitos, ainda que pequenos, sobre a retenção dos frutos originados durante as floradas. Na época I apenas o GA₄₋₇ diminuiu a retenção dos frutos ao passo que, na época II, a diminuição do pegamento de frutos manifestou-se no tratamento GN-II (Tabelas 17 e 23).

Os dados obtidos em 1981 indicam que os estudos visando a utilização de reguladores de crescimento no controle do florescimento de *Coffea arabica* devem ser criteriosos e detalhados. Caso contrário, poderão causar distúrbios florais responsáveis por grandes prejuízos ao cafeicultor.

Pode-se supor que o efeito estimulatório do GA₄₋₇ tenha sido mais amplo, sofrendo no entanto, limitações em sua expressão devido ao grande déficit hídrico imposto às plantas nos meses de agosto e setembro de 1981.

5.2. Experimentos de 1982

Com as pulverizações de 1982, objetivou-se produzir modificações mais profundas sobre o processo de desenvolvimento reprodutivo, atingindo-se as gemas florais em suas fases iniciais de diferenciação. Os ramos pulverizados na época I (20,27 e 27/5/82) apresentaram grande parte de suas gemas G_1 nos estádios 3 e 4. Durante as aplicações da época II (29 e 30/6 e 1/7/82), a maior parte das gemas G_1 encontrava-se no estágio 4.

As taxas de diferenciação morfológica não foram afetadas por nenhum dos tratamentos aplicados em 1982 (Tabelas 24 e 28). Apesar disso, o GA_{4-7} pulverizado na época I produziu um aumento significativo ($p < 0,05$) do percentual de flores abertas durante as duas primeiras floradas, sugerindo uma possível aceleração do processo de diferenciação de uma parcela das gemas florais.

A pequena resposta das gemas reprodutivas aos reguladores de crescimento aplicados em maio (época I) e junho (época II) podem estar relacionados às seguintes hipóteses:

- (1º) Baixo nível de absorção da forma ativa dos fitorreguladores pelas gemas reprodutivas.
- (2º) Mesmo havendo absorção dos fitorreguladores, o aumento artificial do nível endógeno não teria sido efetivo para alterar o processo de diferenciação.

(39) A precipitação e a umidade durante o ano agrícola de 1982 foram anormais, havendo seca apenas no mês de setembro.

A primeira hipótese é muito provável devido às características morfológicas da maior parte das gemas G_1 durante as pulverizações de fitorreguladores. Nos estádios 3 e 4 as gemas são volumosas e têm a região apical impermeabilizada por uma cera que é abundantemente produzida por pelos glandulares. Após a emergência das gemas florais (estádios 5, 6 e 7) surge um grande número de reentrâncias que facilitam a penetração dos fitorreguladores, além de haver um considerável aumento da superfície externa capaz de absorver as substâncias aplicadas. Sob esse ponto de vista, seria mais adequado trabalhar-se com plantas individuais como unidades experimentais básicas. Pulverizando-se integralmente a copa dos cafeeiros, a área de absorção seria muito maior, havendo maiores chances de se alterar, de fato, o nível endógeno de fitorreguladores dos cafeeiros e, em consequência, das gemas reprodutivas.

Na literatura específica foram encontrados poucos estudos sobre a determinação do nível endógeno de fitorreguladores durante o processo inicial de diferenciação das gemas reprodutivas de *Coffea arabica*. Existem evidências experimentais de que o ácido giberélico (GA_3) produz um efeito inibitório sobre a diferenciação de gemas florais em *Coffea arabica*. CANNELL (1971a), em Quênia, obteve sucesso ao empregar pulverizações de GA_3 (100 ppm - 8 aplicações) para alterar o padrão de florescimento e frutificação. O GA_3 inibiu a formação das gemas flo

rais que seriam responsáveis pela primeira época de florescimento, acarretando uma elevação de 91% na quantidade de flores que participaram da 2ª época de florescimento. Entretanto, o ácido giberélico causou inúmeras modificações indesejáveis na parte aérea dos cafeeiros, tais como: alongamento dos internós, diminuição do tamanho das folhas e alteração do formato das folhas, deixando a copa das árvores menos densa e talvez mais vulnerável à ação dos ventos. KUMAR (1982), estudando anomalias florais em Quênia, verificou que plantas saudáveis "sem capacidade de florescimento" apresentavam uma atividade de giberelinas, em seus tecidos foliares, aproximadamente dez vezes superior à das plantas com florescimento normal. KUMAR (1978) determinou que o sombreamento excessivo elevava a atividade endógena das giberelinas. Em cultivos cuja densidade de plantio superava 6000 plantas/ha houve expressivo aumento da atividade das giberelinas, sendo evidente a menor diferenciação das gemas reprodutivas. O efeito limitante do sombreamento sobre a produção de flores e frutos em *Coffea arabica* é um fenômeno bem conhecido (CASTILLO & LOPEZ, 1966).

Um fator que pode ter interferido com a ação dos fitorreguladores aplicados nas épocas I e II foi a alta pluviosidade do mês de junho de 1982 (170,6 mm; normais de Campinas - 53,8 mm).

Na época III de pulverizações (3/9/82), o efeito mais notório dos tratamentos GA₄₋₇-III e GAB-III foi a significativa elevação do número de gemas florais inviáveis durante a florada principal (10/10/82). O GA₄₋₇, aplicado em 17/9/82 (época IV),

promoveu a antese de um grande percentual de gemas florais na 3ª florada (41,7%;29/9/82). O efeito estimulatório das alterações ambientais que acompanharam a precipitação do dia 19/9/82 (2,0 mm) foi portanto "amplificado" pelo GA₄₋₇. Alguns pesquisadores verificaram que as respostas às pulverizações de GA₃ se intensificaram com o prolongamento da seca (ALVIM, 1960a, 1960b, e BROWNING, 1971). De acordo com BROWNING (1971), a seca contribui decisivamente para o aumento do número de gemas florais prontas para a antese. As diferenças quanto à sensibilidade de resposta ao GA₄₋₇ nas épocas III e IV podem estar relacionadas aos níveis do estresse hídrico a que os cafeeiros estiveram submetidos antes das pulverizações do GA₄₋₇.

O ABA não foi capaz de inibir a ação estimulatória das alterações ambientais sobre antese dos botões florais. Provavelmente, os níveis de ABA absorvidos pelas gemas florais não foram suficientes para exercer o efeito inibitório descrito na literatura (BROWNING, 1977; BARROS et al., 1978). BROWNING (1971) sugeriu que o ácido giberélico não só é necessário para estimular a retomada do crescimento como também para contrapor-se à ação inibitória do ABA endógeno sobre o desenvolvimento das gemas florais dormentes.

O papel dos reguladores de crescimento na indução e diferenciação das gemas florais do cafeeiro ainda precisa ser rigorosamente investigado. Estudos sobre os níveis endógenos dos principais fitormônios, nas diferentes fases de diferenciação das gemas reprodutivas, são fundamentais para orientar os estudos aplicados visando controlar o desenvolvimento e a antese das gemas florais de *Coffea arabica*.

VI. CONCLUSÕES

A análise dos estádios de desenvolvimento morfológico demonstrou ser um método rápido e adequado para a avaliação da dinâmica do processo de diferenciação e crescimento reprodutivos em *Coffea arabica*. Verificou-se que a distribuição das fases de desenvolvimento reprodutivo, ao longo do tempo, ajusta-se a uma curva normal (curva de Gauss).

Os estudos histológicos e as observações de campo indicaram que as condições indutivas já estavam presentes no início de janeiro de 1981 e que o período indutivo estendeu-se até o mês de julho. Já na 1ª semana de março de 1980 e 1981, quase todas as gemas G₁ já haviam sido induzidas. A única variação ambiental com tendência bem definida, durante os meses de janeiro e fevereiro, foi a progressiva diminuição do fotoperíodo. Todavia, o papel do fotoperíodo na indução de gemas reprodutivas é um aspecto que ainda requer investigações críticas, principalmente em condições controladas. Informações complementares, obtidas no campo e em condições simuladas, poderão fornecer um quadro mais nítido sobre o controle da indução de gemas florais de *Coffea arabica*.

A indução e a diferenciação das gemas reprodutivas parecem ser eventos fisiológicos controlados por fatores endógenos e/ou ambientais diferentes. A intensificação do crescimento e diferenciação das gemas induzidas, a partir do mês de abril de 1980, 1981 e 1982, foi associada ao término da etapa de máxima mobilização de matéria seca pelas sementes ("granação"). As taxas de crescimento das gemas reprodutivas, até a época da co

lheita (29/5/80, 30/9/81 e 24/6/82), aparentemente, foram influenciadas pela quantidade de frutos presentes nos cafeeiros. Estudos mais detalhados provavelmente mostrarão que a velocidade da diferenciação reprodutiva é parcialmente condicionada pelo balço entre a quantidade de frutos e a estrutura vegetativa dos cafeeiros (relação número de frutos/área foliar + área do sistema radicular). Após a maturação dos frutos, a restrição ao desenvolvimento das gemas reprodutivas deve ser de natureza hormonal. As maiores taxas de crescimento e diferenciação foram registradas logo após a colheita parcial (junho de 1980 e 1981) ou total dos frutos (julho de 1982).

Durante o mês de julho de 1980 e 1981, as temperaturas médias de aproximadamente 16°C e 15°C provocaram grandes reduções nas taxas de crescimento. Temperaturas iguais ou superiores a 18°C favoreceram a diferenciação das gemas florais em agosto de 1980 e 1981 e em julho de 1982.

A maturidade fisiológica da grande maioria das gemas florais, no cultivar Catuai Vermelho, foi atingida durante o mês de setembro, época em que as plantas estavam submetidas a severo estresse hídrico.

O cultivar Bourbon Amarelo revelou-se mais precoce que o cultivar Catuai Vermelho quanto ao desenvolvimento das gemas reprodutivas em 1981 e 1982, o que refletiu-se na época de florescimento.

Nos três anos consecutivos, as floradas principais somente ocorreram após um período de acentuado estresse hídrico (va

riável em sua duração), seguido de precipitações intensas, suficientes para o restabelecimento de um balanço hídrico favorável às atividades fisiológicas do cafeeiro. As floradas preliminares (agosto e início de setembro) aparentemente foram estimuladas por rápidas reversões no estado de estresse hídrico decorrentes de pequenas precipitações e/ou bruscas elevações na umidade relativa do ar. A magnitude das floradas depende do nível de maturidade fisiológica das gemas reprodutivas (mais adiantadas no cultivar Bourbon Amarelo).

Em *Coffea arabica* as gemas seriadas G_1 e G_2 são responsáveis pela produção de mais de 80% das flores e frutos. A desuniformidade de florescimento e maturação dos frutos é causada, principalmente, pela assincronia na diferenciação e crescimento das gemas florais formadas a partir das gemas G_1 e G_2 .

A maturação dos frutos em *Coffea arabica* nas condições de Campinas, mostrou-se influenciada por variações nas condições climáticas durante os meses de abril e maio, principalmente por variações da temperatura e da intensidade de radiação solar. Foram necessários, aproximadamente, 222 dias para a maturação dos frutos originados nas floradas de 1980 e 1981. O processo de maturação foi consideravelmente retardado e prejudicado pelas condições anormais do tempo em abril e maio de 1983 - chuvas intensas, bem distribuídas e elevada nebulosidade. A limitação da radiação solar parece ter sido um dos principais fatores responsáveis pelo atraso da maturação dos frutos em 1983. Esta observação tornou-se mais evidente quando se efetuou a comparação entre grupos de ramos submetidos a diferentes níveis de sombreamento, em função de sua posição no interior da copa dos

cafeeiros de 9 anos e 5 anos de idade.

As gemas florais, em sua fase final de desenvolvimento, mostraram-se sensíveis às pulverizações de giberelinas A_4 - A_7 . O GA_{4-7} aumentou a quantidade de flores abertas nas floradas promovidas por alterações ambientais (pequenas precipitações e rápidas elevações da umidade relativa do ar durante o período seco).

Os resultados de 1981 indicaram que a disponibilidade de água é essencial para garantir flores e fecundações normais, após o estímulo da antese. Os tratamentos GA-II e GN-II aumentaram a abscisão das flores abertas em setembro e o percentual de atrofias florais durante a florada principal de 1981 provavelmente por terem promovido a antese durante um período de acentuado déficit hídrico.

Aparentemente as unidades experimentais mais adequadas para se estudar o efeito de reguladores de crescimento sobre o desenvolvimento reprodutivo de *Coffea arabica* são as plantas individuais. As pulverizações, atingindo as plantas como um todo, aumentam a probabilidade de se alterar o nível endógeno de fitorreguladores, tendo em vista a grande área de absorção dos reguladores de crescimento.

VII. RESUMO

O ciclo reprodutivo de plantas adultas de *Coffea arabica* pertencentes aos cultivares Catuai Vermelho e Bourbon Amarelo, foi estudado no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agrônomo, São Paulo (latitude 22°53'S), nos anos de 1980, 1981 e 1982.

Realizaram-se medidas de crescimento e caracterização morfológica de gemas axilares, situadas em ramos plagiotrópicos de 1ª produção, em intervalos quinzenais. Ramos foram coletados para as observações de laboratório com o auxílio de uma lupa estereoscópica. Parte deste material coletado foi fixado em FAA 50% para posterior preparo de cortes histológicos. As avaliações de crescimento foram feitas no campo, de abril até a época da florada principal (setembro-outubro). Durante as floradas, realizaram-se observações sobre o número das gemas florais, flores abertas, chumbinhos e anormalidades florais ("perdas"). Avaliou-se a maturação dos frutos das quatro floradas de 1980 (cv. Catuai Vermelho), das floradas principais de 1981 (Catuai Vermelho, Bourbon Amarelo, Arábica e Mundo Novo) e de 1982 (plantas do cultivar Catuai Vermelho de 9 anos e 5 anos de idade). Estudou-se o efeito da aplicação de fitorreguladores sobre a diferenciação e antese das gemas florais em 1981 e 1982.

A análise histológica das gemas axilares indicou que as condições indutivas já estavam presentes no início de janeiro de 1981 e que quase todas as gemas já estavam induzidas na primeira semana de março em dois anos consecutivos deste estudo (1980 e 1981). As observações de campo permitiram concluir que

o período indutivo estendeu-se até o final do mês de julho, em 1980.

As curvas de crescimento, de diferenciação histolôgica e de diferenciação morfológica sugeriram que a indução e diferenciação das gemas reprodutivas são eventos fisiológicos controlados por fatores ambientais e endógenos diferentes. Discute-se a influência dos frutos (produção bienal) e das condições ambientais (temperatura e balanço hídrico) sobre a taxa de crescimento e diferenciação das gemas reprodutivas. As taxas de crescimento e desenvolvimento mostraram-se limitadas pela presença e pela quantidade de frutos. Após a colheita, as condições ambientais, particularmente as variações na temperatura, tiveram um papel preponderante.

Verificou-se que a distribuição das fases de desenvolvimento reprodutivo, ao longo do tempo, ajustou-se a uma curva normal (curva de Gauss).

O cultivar Bourbon Amarelo demonstrou maior precocidade quanto ao crescimento e diferenciação das gemas induzidas durante as floradas de 1981 e 1982.

As floradas principais de 1/10/80 (antese de 64,2% dos botões florais), de 10/10/81 (83,1%) e de 12/10/82 (47,1%) foram registradas após períodos de acentuado déficit hídrico, seguidos de intensas precipitações (56,8 mm - 1980; 74,5 mm, 1981 e 47,0 mm, 1982). As pequenas floradas, ocorridas durante a época seca (agosto e setembro), parecem ter sido estimulados por rápidas inversões do balanço hídrico dos cafeeiros após pequenas preci

pitações e/ou rápidos aumentos na umidade relativa do ar.

Apesar de existir 4-5 gemas seriadas em cada axilar foliar, apenas duas gemas (G_1 e G_2) são responsáveis por mais de 80% das flores e frutos de *Coffea arabica*.

Os frutos do cultivar Catuai Vermelho, originados nas 4 floradas de 1980 e na florada principal de 1981 necessitaram de aproximadamente 222 dias para atingirem a maturidade (80% de frutos vermelho-escuros).

Discute-se a influência de fitorreguladores exógenos sobre a diferenciação e antese das gemas florais em 1981 e 1982.

VIII. REFERÊNCIAS

ALÈGRE, G. 1959. Climats et caféiers d'Arabie. Agron. Trop. 14 (1): 23-58.

ALMEIDA, S.R.; MATIELLO, J.B. & MIGUEL, A.E. 1982. Efeito da densidade foliar sobre a queda de frutos e a produção do cafeeiro. In: Colóquio da Associação Científica Internacional do Café, 10, Salvador, Bahia. Resumos p. 44-45.

ALVIM, P. de T. 1958. Estímulos de la floración y frutificación del cafeto por aspersiones con ácido giberélico. Turrialba 8 (2): 64-72.

ALVIM, P. de T. 1960 a. Fisiología del crecimiento y de la floración del cafeto. Turrialba 2 (6): 57-64.

ALVIM, P. de T. 1960 b. Moisture stress as a requirement for flowering of coffee. Science 132: 354.

ALVIM, P. de T. 1973. Factors affecting flowering of coffee. In: Srb. A. N. Genes, enzymes and populations. London, Plenum Press, p. 193-202.

BARROS, R.S. & MAESTRI, M. 1972. Periodicidade de crescimento em café. Rev. Ceres 19 (106): 424-448.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M. & MOREIRA, R. C. 1982. Sources of assimilates for expanding flower buds of coffee. Turrialba 32(4): 371-377.

BOYER, J. 1969. Étude Expérimentale des effets du régime d'humidité du sol sur la croissance végétative, la floraison e la fructification des caféiers robusta. Café Cacao Thé 13 (3): 187-200.

BARROS, R.S., MAESTRI, M. & COONS, M.P. 1978. The physiology of flowering in coffee: a review. J. Coffee Res. 8 (2/3): 29-73.

BROWNING, G. 1971. The hormonal regulation of flowering and cropping in *Coffea arabica* L. Ph.D.Thesis. University of Bristol, England. 136 p.

BROWNING, G. 1973 a. Flower bud dormancy in *Coffea arabica* L. I. Studies of gibberellin in flower buds and xylem sap and abscisic acid in flower buds in relation to dormancy release. J. Hort. Sci. 48: 29-41.

BROWNING, G. 1973 b. Flower bud dormancy in *Coffea arabica* L. II. Relation of cytokinins in xylem sap and flower buds to dormancy release. J. Hort. Sci. 48: 297-310.

BROWNING, G. 1975. Shoot growth in *Coffea arabica* L., responses to rainfall when the soil moisture status and gibberellin supply are not limiting. J. Hort. Sci. 50: 1-11.

BROWNING, G. 1977. Environmental control of flower bud development in *Coffea arabica* L. In: J.J. LANDSBERG & C. V. CUTTING (eds). Environmental effects on crop physiology. New York, Academic Press. p. 321-331.

- BROWNING, G. & FISHER, N.M. 1975. Shoot growth in *Coffea arabica* L. II. Growth flushing stimulated by irrigation. J. Hort. Sci. 50: 207-218.
- BROWNING, G.; HOAD, G.V. & GASKIN, P. 1970. Identification of abscisic acid in flower buds of *Coffea arabica* L. Planta (Berl.) 94: 213-219.
- BUBAN, T. & FAUST, M. 1982. Flower bud induction in apple trees: internal control and differentiation. Hort. Rev. 4: 174-203.
- CAIXETA, I.F. 1981. Maturação fisiológica da semente do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo. Tese de Mestrado. Escola Superior de Agricultura de Lavras (MG). 48p.
- CAMARGO, A.P. de 1977. Zoneamento da aptidão climática para a cafeicultura de arábica e robusta no Brasil. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Recursos naturais, meio ambiente e poluição contribuição de um ciclo de debates. Rio de Janeiro, SUPREN, p. 68-76. (1 - Recursos Naturais).
- CAMARGO, A.P. de 1983. Introdução do café não fotoperiódico, variedade semperflorens, nas condições climáticas de verão seco e inverno úmido do nordeste brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 3, Campinas - S.Paulo. Resumos, p. 188-190.

- CAMARGO, M.B.P.; PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A. & NÓBREGA, M. 1979. Relação entre parâmetros hidrometereológicos e produtividade do cafeeiro no Estado de São Paulo. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1, Mossoró (RN) ANAIS. p. 78-79.
- CANNELL, M.G.R. 1971 a. Changes in the respiration and growth rates of developing fruits of *Coffea arabica* L. J. Hort. Sci. 46: 263-272.
- CANNELL, M.G.R. 1971 b. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. Ann. Appl. Biol. 67: 99-120.
- CANNELL, M.G.R. 1971 c. Use of gibberellic acid to change the seasonal fruiting pattern of Arabica coffee in Kenya. J. Hort. Sci. 46: 289-298.
- CANNELL, M.G.R. 1972. Photoperiodic response of mature trees of Arabica coffee. Turrialba 22 (2): 198-206.
- CANNELL, M.G.R. 1974. Factors affecting Arabica coffee bean size in Kenya. J. Hort. Sci. 49: 65-76.
- CANNELL, M.G.R. 1975. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. J. Coffee Res. 5 (1/2): 7-20.
- CANNELL, M.G.R. & HUXLEY, P.A. 1969. Seasonal differences in the pattern of assimilate movement in branches of *Coffea arabica* L. Ann. Appl. Biol. 64: 345-357.

- CANNELL, M.G.R. & KIMEU, B.S. 1971. Uptake and distribution of macro-nutrients in trees of *Coffea arabica* L. in Kenya as affected by seasonal climatic differences and the presence of fruits. Ann. Appl. Biol. 68: 213-230.
- CARVAJAL, J.F.; ACEVEDO, A. & LOPEZ, C.A. 1969. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. Turrialba 19 (1): 13-29.
- CARVALHO, A.; KRUG, C.A. & MENDES, J.E.T. 1950. O dimorfismo dos ramos em *Coffea arabica* L. Bragantia 10 (6).151-159.
- CARVALHO, A.; FERWERDA, F.P.; FRAHM-LELIVELD, J.A.; MEDINA, D.M.; MENDES, A.J.T. & MONACO, L.C. 1969. Coffee. F.P. FERWERDA & F. WIT (eds.). Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Netherlands, H.Veenman & Zonen N. V. Wageningen. p. 189-241.
- CASTILLO, Z.J. & R. LOPEZ, A. 1966. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. Cenicafé (Colombia) 17: 51-60.
- CLOWES, M. ST. J. 1977. The effects of ethrel on ripening *Coffea arabica* L. fruits at different stages of maturity. Rhod. J. Agric. Res. 15: 79-93.
- CLOWES, M. ST. J. & ALLISON, J.C.S. 1982. A review of the coffee plant (*Coffea arabica* L.), its environment and management in relation to coffee growing in Zimbabwe. Zimbabwe J. Agric. Res. 20: 1-19.

- CLOWES, M. ST. J. & WILSON, J.H.H. 1977. The growth and development of lateral branches of *Coffea arabica* L. In Rhodesia. Rhod. J. Agric. Res. 15: 171-185.
- CROOPE, S. M. S., FREDERICO, D., MESTRI, M. & SANT'ANA, R. 1970. Variações no conteúdo de amido e açúcares nas corolas de café (*Coffea arabica* L.) durante a floração. Rev. Ceres, Viçosa, 17(93):217-226.
- DEDECCA, D.M. 1957. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *Typica* Cramer. Bragantia 16 (23) : 315-366.
- ESAU, K. 1960. Anatomy of seed plants. New York, Wiley. 376 p.
- FAZUOLI, L.C. 1977. Avaliação de Progenies de Café Mundo Novo (*Coffea arabica* L.). Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Univ. de São Paulo. 146 p.
- FISHER, N.M. & BROWNING, G. 1978. The water requirements of high density coffee. 1. Responses to irrigation and plant water stress measurements. Kenya coffee 43 (503): 43 - 46.
- FRANCIS, C.A. 1972. Natural daylengths for photoperiod sensitive plants. Colombia, CIAT., 32 p. (Technical, Bulletin, 2).

FRANCO, C.M. 1940. Fotoperiodismo em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Rev. Inst. Café, São Paulo, 27: 1586-1592.

FRANCO, C.M. 1958. Influência da temperatura no crescimento do cafeeiro. New York, IBEC Research Institute. 27 p. (n. 16).

FRANCO, C.M. 1982 a. Efeito da temperatura do solo e suas oscilações sobre o crescimento e o acúmulo de nutrientes nas partes aéreas do cafeeiro. Turrialba 32 (3): 249-255.

FRANCO, C.M. 1982 b. Efeito de temperaturas supra-ótimas no sistema radicular, no crescimento e na absorção e translocação de nutrientes em cafeeiros cultivados em solução nutritiva. Turrialba 32 (3): 243-247.

FREDERICO, D. & MAESTRI, M. 1970. Ciclo de crescimento dos botões florais de café (*Coffea arabica* L.). Rev. Ceres, Viçosa, 17 (92): 171-181.

GOMEZ-GOMEZ, L. 1977. Influência de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. Cenicafé 28 (1): 3-17.

GOPAL, N.H. 1974. Some aspects of hormonal balance in coffee. Indian Coffee 38: 168-175.

GOPAL, N.H. & RAJU, K.I. 1978. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. VIII - Number of flower buds in relation to wood starch of cropping branches. Turrialba 28 (4): 311-313.

- GOPAL, N.H. & VASUDEVA, N. 1973. Physiological studies of flowering in arabica coffee under South Indian conditions. I - Growth of flower buds and flowering. Turrialba 23(2): 146-153.
- GOPAL, N.H. & VENKATARAMANAN, D. 1976. Physiological studies of flowering in coffee under South Indian conditions. V - Growth substance content during flower bud enlargement and anthesis. Turrialba 26 (1): 74-79.
- GOPAL, N.H. & VISHVESHWARA, S. 1971. Flowering of coffee under South Indian conditions. Indian Coffee 35: 142-154.
- GOPAL, N.H.; VENKATARAMANAN, D. & RAJU, K.I. 1975 a. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. II - Changes in water content, growth rate, respiration and carbohydrate metabolism of flower buds during bud enlargement and anthesis. Turrialba 25 (1):29-36.
- GOPAL, N.H.; RAJU, K.I.; VENKATARAMANAN, D. & JANARDHAN, K. V. 1975 b. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. III - Flowering in relation to foliage and wood starch. Turrialba 25 (3): 239-242.
- HSIAO, T.C.; ACEVEDO, E.; FERERES, E. & HENDERSON, D.W. 1976. Water stress, growth and osmotic adjustment. In Phil Trans. R. Soc. Lond. B. 273 (927): 479-500.
- HUMPHREY, D.M. & BALLANTYNE, D.J. 1974. Diurnal and annual fluctuations of gibberellins in the leaves of *Coffea arabica* L. Turrialba 24 (4): 360-366.

JACKSON, D.I. & SWEET, G.B. 1972. Flower initiation in temperate woody plants (A review based largely on the literature of conifers and deciduous fruit trees). Hort. Abstr. 42: 9-24.

JANARDHAN, K.V.; GOPAL, N.H. & RAMAIAH, P.K. 1971 a. Carbohydrate reserves in relation to vegetative growth, flower bud formation and crop levels in Arabica coffee. Indian Coffee 35: 145-148.

JANARDHAN, K.V.; GOPAL, N.H. & RAMAIAH, P.K. 1971 b. Starch scoring by visual observation in fresh wood of coffee plants. Indian Coffea 35: 219-221.

JANARDHAN, K.V.; RAJU, K.I. & GOPAL, N.H. 1977. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. VI - Changes in growth rate indoleacetic acid and carbohydrate metabolism during flower bud development and anthesis. Turrialba 27 (1): 29-35.

JARAMILLO-ROBLEDO, A. & VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. 1980. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchiná, Colombia. Cenicafé 31 (4): 127-143.

JOHANSEN, D.A. 1940. Plant Microtechnique. New York. McGraw HILL Book Company. 523 p.

KRUG., C.A.; MENDES, J.E.T. & CARVALHO, A. 1939. Taxonomia de *Coffea arabica* L. descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico. 58 p. illus. (Boletim técnico, 62).

- KUMAR, D. 1978. Investigation into some physiological aspects of high density plantings of coffee (*Coffea arabica* L.). Kenya Coffee 43 (510): 263-272.
- KUMAR, D. 1979 a. Some aspects of plant-water-nutrient relationship in *Coffea arabica* L. Kenya coffee 44 (517): 15-21.
- KUMAR, D. 1979 b. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. Kenya Coffee 44 (519): 9-47.
- KUMAR, D. 1982. Primary investigations into some flowering abnormalities of coffee in Kenya. Kenya Coffee 47 (550): 16-24.
- KUMAR, D. & TIESZEN, L.L. 1980 . Photosynthesis in *Coffea arabica* L. I - Effects of light and temperature. Expl. Agric. 16: 13-19.
- KUMAR, D. & TIESZEN, L.L. 1980 b. Photosynthesis in *Coffea arabica* L. II - Effects of water stress. Expl. Agric. 16: 21-27.
- LABOURIAU, L. G. 1969. Flower initiation in *Vicia graminea* Sm. An. Acad. Bras. Cienc. 41 (3): 453-469.
- MAESTRI, M. & BARROS, R.S. 1977. Coffee. In: P. de T. ALVIM & T. T. KOZLOWISKI (eds.) New York. Academic Press, Inc. p. 249-278.

- MAGALHÃES, A.C. & ANGELOCCI, L.R. 1976. Sudden alterations in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. J. Hort. Sci. 51: 419-423.
- MATHER, K. 1947. Statistical analysis in biology. 2ª ed. New York, Interscience Publishers Inc. 267 p.
- MENDES, A.J.T. 1942. Observações citológicas em *Coffea*. VI - Desenvolvimento do embrião e do endosperma em *Coffea arabica* L. Bragantia 2 (4): 115-128.
- MENDES, J. E.T. 1951. III - Ensaio de variedades de cafeeiros. Bragantia 11: 29-43.
- MES, M.G. 1957. Estudos sobre o florescimento de *Coffea arabica* L. New York, IBEC Research Institute. 48 p. (nº14).
- MEULEN, A. van der 1939. On the structure and periodical development of the flower buds of coffee species. (Engl. summ.) Proc. Roy. Neth. Acad. of Sci 38 (2): 1-128.
- MOENS, P. 1962. Étude écologique du développement génératif et végétatif des bourgeons de *Coffea canephora* Pierre. (L'initiation florale). Publ. Inst. Nacional pour l'étude Agonomique du Congo (INÉAC). 96: 103 p.
- MOENS, P. 1963. Les bourgeons végétatifs et génératifs de *Coffea canephora* Pierre. (Étude morphologique et morfogénétique). La cellule 63 (2): 165-244.

- MONACO, L.C. & SONDAHL, M.R. 1974. Emprego do etileno na maturação de frutos de café. Pesq. Agropec. Bras. 9: 135 - 137.
- MONACO, L.C.; MEDINA FILHO, H.P.; SONDAHL, M.R. & ALVES DE LIMA, M.M. 1978. Efeito de dias longos no crescimento e florescimento de cultivares de café. Bragantia 37 (4): 25-32.
- MONSELISE, S.P. & GOLDSCHMIDT, E.E. 1982. Alternate bearing in fruit trees. Hort. Rev. 4: 128-173.
- MOSS, G.I. & BEVINGTON, K.B. 1977. The use of gibberellic acid to control alternate cropping of Late Valencia Sweet Orange. Aust. J. Agric. Res. 28: 1041-54.
- NUNES, M.A. 1976. Water relations in coffee. Significance of plant water deficits to growth and yield: a review. J. Coffee Res. 6 (1): 4-21.
- NUNES, M.A.; BIERHUIZEN, J.F. & PLOEGMAN, C. 1968. Studies on productivity of coffee. I - Effect of light, temperature and CO₂ concentration on photosynthesis of *Coffea arabica* L. Acta Bot. Neerl. 17 (2) 93-102.
- NUTMAN, F.J. (1933). The root system of *Coffea arabica* L. Emp. J. Exp. Agric. 1: 271-285.
- OPILE, W.R. 1978. Influence of fruit stage on the use of (2 - chloroethyl) phosphonic acid (CEPA) in Kenya. Kenya Coffee 43 (510): 253-260.

- OPILE, W.R. 1979. Hormonal relations in fruit growth and development of *Coffea arabica* L. Kenya Coffee 44 (520): 13-21.
- OYEBADE, T. 1976. Influence of pre-harvest sprays of ethrel on ripening and abscission of coffee berries. Turrialba 26 (1): 86-89.
- PHARIS, R.P. 1977. Interaction of native or exogenous plant hormones in the flowering of woody plants. In H. R. SCHUTTE & D. GROSS (eds.). Regulation of Developmental Processes in plants.: Proceedings p. 343-360.
- PIRINGER, A.A. & BORTHWICK, H.A. 1955. Photoperiodic responses of coffee. Turrialba 5 (3): 72-77.
- POPHAM, R.A. 1963. Developmental Studies of flowering. Columbus, Ohio State University. p. 138-156. (Papers,687).
- RAYNER, R.W. 1946. Growth and bearing habits of *Coffea arabica* L. in Kenya and Southern India. E. Afr. Agric. J. 11: 251-255.
- REDDY, A.G.S. 1979. Quiescence of coffee flower buds and observations on the influence of temperature and humidity on its release. J. Coffee Res. 9 (1): 1-13.

RENA, A. B., CALDAS, L. S. & JOHNSON, C. E. 1982. Fotossíntese e depauperamento de algumas progênies de café resistentes à ferrugem. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10, Poços de Caldas (MG). Anais p. 171-172.

SALISBURY, F.B. 1982. Photoperiodism . Hort. Rev. 4:66-105.

SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. 1978. Plant Physiology, second ed. California, Wadsworth Publ. Co. Belmont. 436pp.

SALISBURY, F. B. & ROSS, C. W. 1969. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, California, 747 p.

SAM, O. 1980. Crecimiento de yemas axilares de *Coffea ara-*bica, variedad "Caturra" en plantas cultivadas a plena expo-sición solar. Café y Cacao 2 (2): 48-54.

SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1969. Biometry. San Francisco, W. H. Freeman and Company. 776 p.

SONDAHL, M.R. & SHARP, W.R. 1979. Research in Coffea spp. and applications of tissue culture methods. In E.F. PADDOCK & V. RAGHAVAN (eds.). Plant cell and Tissue Culture: Principles and Applications. Columbus, Ohio State universi-ty Press. 527-584.

SONDAHL, M.R.; TEIXEIRA, A.A.; FAZUOLI, L.C. & MONACO, L.C. 1975. Efeito do etileno sobre o tipo e qualidade da bebida do café. Turrialba 24 (1): 17-19.

SYLVAIN, P.G. 1958. El ciclo de crecimiento de *Coffea arabica*. Turrialba, IICA. 17 p.

SYLVAIN, P.G. 1959. Some Physiological Disorders of Coffee. I - Die back. Turrialba, IICA. 17 p. (Coffee & Cacao Training materials, 13).

TROJER, H. 1954. El ambiente climatológico y el cultivo del café en Colombia. Boletín Informativo do CENICAFÉ, 5 (57): 22-37.

TROJER, H. 1956. La investigación Agroclimatológica para el cultivo del café en Colombia. Boletín Informativo do CENICAFÉ, 7 (75): 78-101.

TROJER, H. 1968. The phenological equator for coffee planting in Colombia. Symposium of Agroclimatological Methods 7, Paris (UNESCO). Proceedings. p. 107-103.

VAADIA, Y. 1976. Plant hormones and water stress. In: Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 273 (927): 513-522.

VASUDEVA, N. 1979. The role (s) of carbohydrates in growth and development of coffee. Indian Coffee 43: 127-128/123.

VASUDEVA, N. & RAMAIAH, P.K. 1979. The growth and development of arabica coffee under South Indian conditions. J. Coffee Res. 9 (2): 35-45.

- VASUDEVA, N. & RATAGERI, M.C. 1981. Studies on leaf to crop ratio in two commercial species of coffee grown in India. J. Coffee Res. 11 (4): 129-136.
- WENT, F.W. 1957. The Experimental Control of Plant Growth. Waltham, Chronica botanica. 343 p. (Chronica botanica, 17).
- WORMER, T.M. & GITUANJA, J. 1970 a. Floral initiation and flowering of *Coffea arabica* L. in Kenya. Expl. Agric. 6: 157-170.
- WORMER, T.M. & GITUANJA, J. 1970 b. Seasonal patterns of growth and development of arabica coffee in Kenya. Kenya Coffee 35: 270-277.
- WORMER, T.M. & NJUNGUNA, S.G. 1966. Bean size and shape as quality factors in Kenya Coffee. Kenya Coffee 31: 397 - 405.
- ZEEVAART, J.A.D. 1976. Physiology of flower formation. Ann Rev. Plant Physiol. 27: 321-348.