DISSERTAÇÃO

MODELO AGROMETEOROLÓGICO DE ESTIMATIVA DO INÍCIO DA FLORADA PLENA DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)

ALINE OLIVEIRA ZACHARIAS

Campinas, SP
2007

INSTITUTO AGRONÔMICO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL E SUBTROPICAL

MODELO AGROMETEOROLÓGICO DE ESTIMATIVA DO INÍCIO DA FLORADA PLENA DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)

ALINE OLIVEIRA ZACHARIAS

Orientador: Marcelo Bento Paes de Camargo
Co-orientador: José Ricardo Macedo Pezzopane

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola

Campinas, SP
Fevereiro 2007

Aos meus queridos pais
Nazir e Ana Maria pelo exemplo de vida
e de força e por estarem presentes em todos
os momentos, com muito amor,
DEDICO

À minha irmã Mariana, cujo apoio, amor,
e dedicação foram indispensáveis,
e à minha sobrinha Maria Clara, pela
alegria que nos dá,
OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- A Deus pela minha vida e por ter me dado força para suportar a distância durante o curso;

- Ao pesquisador, amigo e orientador Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo, por sempre acreditar na minha capacidade e cuja experiência, competência e honestidade muito admiro, e levarei como ensinamentos para a minha vida profissional;

- Ao pesquisador, co-orientador Dr. José Ricardo M. Pezzopane, pelo auxílio e atenção no início da realização deste trabalho;

- Ao Instituto Agronômico (IAC), pela oportunidade de realização do curso;

- À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Ensino Superior (CAPES) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/PNP&D/CAFÉ) pela concessão das bolsas de estudo;

- Aos professores da área de concentração em Tecnologia de Produção Agrícola da PG-IAC, pelos conselhos e ensinamentos transmitidos, e em especial à Dra. Marilene Bovi (*in memoriam*) por sua dedicação constante ao curso e à pesquisa;

- Aos funcionários da PG-IAC, pelo auxílio e dedicação para a realização do curso;

- Ao pesquisador Dr. Ângelo Paes de Camargo, pelos ensinamentos valiosos transmitidos nas poucas vezes que tive a oportunidade de encontrá-lo;

- Aos pesquisadores e funcionários do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Ecofisiologia e Biofísica – IAC, MSc. Gabriel Blain, Dr. Glauco Rolim, Dra. Josalba V. de Castro, Dr. Mário José Pedro Júnior, Dr. Orivaldo Brunini, Dr. Wanderley A. Tremocoldi, Carmem, Denise, Alan, Anderson, Ricardo, Valdeir, Jorge e Ludmila, pela convivência durante o curso e pelos ensinamentos, sugestões e auxílios na realização deste trabalho;

- Ao Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Café "Alcides Carvalho" - IAC, em especial aos pesquisadores Dr. Luiz Carlos Fazuoli e Engº Agrº Roberto Thomaziello, pelo fornecimento do material para a execução desta pesquisa;

- Ao Engº Agrº MSc. Marco Antônio dos Santos, pela colaboração e amizade durante o curso;

- Aos meus amigos da pós-graduação, André, Elaine, Guilherme, Monalisa, Núbia, Patrícia, Rafael Previtalli e Sarita, pela amizade e companheirismo durante o curso;

- À Ana Karina, Ana Lúcia, Luciana e Rafaela, pela amizade, companheirismo, conselhos, apoio emocional e pelos momentos únicos compartilhados durante esse período de convivência;

- À minha família, pela grande ajuda e incentivo constante durante o curso;

- Às minhas amigas, Gabriela, Marielly e Patrícia, pela verdadeira amizade e apoio constante;

- Ao Gláucio, por estar presente nesse momento e por compreender a minha ausência durante a finalização deste trabalho.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS..... ix
ÍNDICE DE FIGURAS..... xii
RESUMO..... xv
ABSTRACT..... xvi
1 INTRODUÇÃO..... 01
2 REVISÃO DE LITERATURA..... 04
2.1 Origem e Características do Cafeeiro Arábica..... 04
2.2 Exigências Climáticas..... 06
2.2.1 Temperatura do ar..... 06
2.2.2 Precipitação Pluvial..... 07
2.2.3 Altitude..... 07
2.3 Fisiologia do Cafeeiro..... 08
2.3.1 Crescimento vegetativo..... 08
2.3.2 Floração..... 09
2.3.2.1 Iniciação floral..... 11
2.3.2.2 Diferenciação floral..... 13
2.3.2.3 Período de dormência do botão floral..... 14
2.3.2.4 Abertura da flor (Antese)..... 16
2.4 Fases Fenológicas do Cafeeiro..... 18
2.5 Modelos Agrometeorológicos..... 20
2.6 Modelos Agrometeorológicos Aplicados para o Cafeeiro..... 23
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 27
3.1 Dados Fenológicos de Café..... 27
3.2 Dados Meteorológicos..... 28
3.3 Cálculo dos Balanços Hídricos..... 29
3.4 Cálculo dos Graus-dia..... 30
3.5 Modelo Agrometeorológico..... 30
3.6 Análise Estatística..... 32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 33
4.1 Condições Climáticas Normais para Campinas e Mococa..... 33
4.2 Componente Fenológico do Modelo..... 36
4.3 Acumulação de ETp durante a Maturação das Gemas Florais..... 37
4.4 Relação entre Valores Acumulados de ETp e de Graus-dia..... 40
4.5 Análise das Interações de Valores de ETp e de GD com Diferentes Valores de Precipitação Pluvial 41
4.5.1 Campinas..... 41
4.5.2 Mococa..... 48
4.6 Análise Conjunta dos Resultados Estatísticos para Campinas e Mococa..... 54
4.7 Aplicação do Modelo Fenológico Parametrizado para Campinas e Mococa..... 57
4.8 Análise da Freqüência de Ocorrência das Estimativas das Floradas Plenas..... 65
5 CONCLUSÕES..... 72
5.1 Considerações Finais..... 72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 73
7 ANEXOS..... 81

7.1 Anexo 1..... 81
7.2 Anexo 2..... 82
7.3 Anexo 3..... 83
7.4 Anexo 4..... 84
7.5 Anexo 5..... 85
7.6 Anexo 6..... 86
7.7 Anexo 7..... 87
7.8 Anexo 8..... 88
7.9 Anexo 9..... 89
7.10 Anexo 10..... 90
7.11 Anexo 11..... 91
7.12 Anexo 12..... 92
7.13 Anexo 13..... 93
7.14 Anexo 14..... 94
7.15 Anexo 15..... 95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Critério de interpretação do desempenho dos modelos de estimativa do início da florada plena do cafeeiro..... 33

Tabela 2 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, para as regiões de Campinas e Mococa, SP, pelo modelo fenológico proposto por CAMARGO & CAMARGO (2001), nos anos de 1993 a 2005..... 37

Tabela 3 - Valores acumulados de ETp (mm), a partir de abril, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 39

Tabela 4 - Valores acumulados de ETp (mm), a partir de abril, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 39

Tabela 5 - Valores de Graus-dia estimados pela análise de regressão em função de valores de ETp acumulados..... 40

Tabela 6 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados, a partir de abril, iguais a 330, 335, 340 e 345 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 42

Tabela 7 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados, a partir de abril, iguais a 350, 355, 360 e 365 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 43

Tabela 8 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1557, 1579, 1601 e 1623 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 45

Tabela 9 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1644, 1666, 1687 e 1709 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 46

Tabela 10 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, iguais a 330, 335, 340 e 345 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 48

Tabela 11 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, iguais a 350, 355, 360 e 365 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 49

Tabela 12 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1557, 1579, 1601 e 1623 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 51

Tabela 13 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1644,1666, 1687 e 1709 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005..... 52

Tabela 14 - Resultados estatísticos da análise da estimativa da florada plena para Campinas e Mococa, SP, em função das combinações de valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, e de precipitação pluvial (mm)..... 54

Tabela 15 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 61

Tabela 16 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 61

Tabela 17 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 62

Tabela 18 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005 62

Tabela 19 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1644, a partir de abril, e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005 63

Tabela 20 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1579, a partir de abril, e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005 63

Tabela 21 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1644, a partir de abril, e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005 64

Tabela 22 - Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1579, a partir de abril, e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Apresentação esquemática dos diferentes estádios fenológicos da cultura do café arábica para o Estado de São Paulo. Adaptado de CAMARGO & CAMARGO (2001)..... 19

Figura 2 - Condições termopluviométricas normais e extrato do balanço hídrico normal da região de Campinas, SP (1961/90)..... 35

Figura 3 - Condições termopluviométricas normais e extrato do balanço hídrico normal da região de Mococa, SP (1961/90)..... 35

Figura 4 - Relação entre valores acumulados de ETp (mm) e Graus-dia (ºC), para as regiões de Campinas e Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005..... 41

Figura 5 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de ETp acumulados (mm) e de precipitação pluvial (mm), para a região de Campinas, SP, nos anos de 1993 a 2005..... 44

Figura 6 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de Graus-dia (GD) acumulados e de precipitação pluvial (mm), para a região de Campinas, SP, nos anos de 1993 a 2005..... 47

Figura 7 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de ETp acumulados (mm) e de precipitação pluvial (mm), para a região de Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005..... 50

Figura 8 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de Graus-dia (GD) acumulados e de precipitação pluvial (mm), para a região de Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005..... 53

Figura 9 - Índices estatísticos “d”, R^2 e “c” da análise da estimativa da florada plena para Campinas e Mococa, SP, em função das combinações de diferentes valores de ETp acumulada (mm), a partir de abril, e de precipitação pluvial (mm)..... 56

Figura 10 - Valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, na região de Campinas, SP, nos anos de 1993 a 2005..... 58

Figura 11 - Valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, na região de Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005..... 58

Figura12 - Valores acumulados de Graus-dia, a partir de abril, na região de Campinas, SP, no período de 1993 a 2005..... 59

Figura 13 - Valores acumulados de Graus-dia, a partir de abril, na região de Mococa, SP, no período de 1993 a 2005..... 59

Figura 14 - Freqüência de ocorrência das épocas de floradas plenas estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se oi valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 66

Figura 15 - Freqüência de ocorrência das épocas da florada plena estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se o valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 66

Figura 16 - Freqüência de ocorrência das épocas da florada plena estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado, a partir de abril, igual a 1644 e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 67

Figura 17 - Freqüência de ocorrência das épocas da florada plena estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado, a partir de abril, igual a 1579 e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 67

Figura 18 - Freqüência de ocorrência das épocas da florada plena estimadas para a região de Mococa (SP), considerando-se o valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 68

Figura 19 - Freqüência de ocorrência das épocas da florada plena estimadas para a região de Mococa (SP), considerando-se o valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 68

Figura 20 - Freqüência de ocorrência das épocas da florada plena estimadas para a região de Mococa (SP), considerando-se Graus-dia acumulado, a partir de abril, igual a 1644 e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005..... 69

Figura 21 - Freqüência de ocorrência das épocas de floradas plenas estimadas para a região de Mococa (SP), considerando Graus-dia, a partir de abril, igual a 1579 e 7 mm de chuva para a indução da antese, no período de 1993 a 2005..... 69

Figura 22 - Distribuição pluviométrica e somatório acumulado de ETp, a partir de abril, em níveis decendiais, com indicações dos valores de 335 mm de ETp e das épocas estimadas do florescimento pleno do cafeeiro, considerando-se 7 mm de precipitação pluvial, para Campinas e Mococa, SP, nos anos de 2004 e 2005..... 71

ZACHARIAS, Aline Oliveira. **Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação – IAC.

RESUMO

Modelos agrometeorológicos que relacionam os efeitos do clima sobre o início da florada plena são fundamentais para subsidiar modelos de previsão de produtividade mais consistentes. Observações efetuadas em cafeeiros adultos, em diferentes condições tropicais do Brasil, indicam que as gemas florais completam a maturação e entram em dormência, ficando prontas para a antese, quando o somatório da evapotranspiração potencial (ETp), a partir de abril, atinge cerca de 350 mm. O objetivo deste trabalho foi parametrizar e validar um modelo agrometeorológico de estimativa do início da fase da floração plena do cafeeiro arábica (CAMARGO & CAMARGO, 2001) para as condições do Estado de São Paulo. Anotações fenológicas do café arábica, variedades Mundo Novo e Catuaí, em fase adulta, foram obtidas de arquivos do Instituto Agronômico (IAC) referentes a duas regiões do Estado, Campinas e Mococa, no período de 1993 a 2005. Como indicador do fator térmico, relacionado com a fenologia do cafeeiro, considerou-se inicialmente o valor sugerido de 350 mm relativo ao somatório decendial de ETp, a partir de abril, e a quantidade mínima de chuva de 10 mm no decêndio, necessária para que as gemas maduras sejam induzidas à antese conforme o modelo original. Consideraram-se, também, outros valores de ETp e de GD e também de chuva mínima (1 a 10mm). O modelo agrometeorológico parametrizado, que considera os valores acumulados de ETp (335 mm) ou de GD (1579) para as gemas florais atingirem a maturação e um mínimo de 7 mm de chuva para quebrar a dormência das gemas maduras, apresentou melhor capacidade de indicar a época da plena floração do cafeeiro arábica, com erros de estimativa inferiores ao do modelo original. O modelo agrometeorológico parametrizado apresentou mais consistência para indicar o início do período da florada principal do café, podendo ser incorporado a modelos agrometeorológicos de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade, que necessitam desta importante informação fenológica.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., clima, fenologia, maturação das gemas, florescimento.

ZACHARIAS, Aline Oliveira. **Agrometeorological model for estimating the beginning of the flowering period for coffee crop (*Coffea arabica* L.).** 2007. 97pg. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação – IAC.

ABSTRACT

Agrometeorological models that relate the effect of the climate on the beginning of the full flowering growth stage are important to subsidize models of forecast of coffee productivity. Phenological observations made in adult coffee crops, under tropical conditions of Brazil, indicated that flowering buds complete the maturation and reach to the dormancy of the buds, being ready for the main flowering when the accumulated value of potential evapotranspiration (ETp), starting from April, reaches about 350 mm, and after that an amount of rainfall of at least 10 mm is required to break the dormancy of the buds that happens, about 8 to 10 days, after the rain (CAMARGO & CAMARGO, 2001). The objective of this thesis was to obtain the parametrization and validation of an agrometeorological model for estimating the beginning of the full flowering period for arabic coffee (CAMARGO & CAMARGO, 2001), for the conditions of the State of São Paulo. Phenological observations of adult coffee crops, variety Mundo Novo and Catuaí, were obtained from archieves of the "Instituto Agronomico de Campinas" (IAC) for two tropical areas of São Paulo State, Brazil: Campinas and Mococa, during the years of 1993 to 2005. As indicating of the related thermal factor with the phenology of the cofee tree, it was considered initially the suggested value of 350 mm relative to the ten day accumulated ETp values starting from April, and the minimum amount of rainfall of 10 mm in the ten day period, necessary so that the mature buds are induced to antesis, such as the original model. Different accumulated values of ETp and Growing Degree Day (GDD) and different values of minimum rainfall (1 to 10 mm) also were considered. The parametrized agrometeorological model, that considers the accumulated values of ETp (335 mm) or GDD (1579), for the flower buds to reach the maturation, and a minimum value of 7 mm of rainfall, to break the dormancy of mature buds, presented better capacity to indicate the period of the full flowering for arabic coffee, with less errors of estimating comparing with the original model. The parametrized agrometeorological model presented more consistency to indicate the beginning of the coffee main flowering period, being able to be

incorporated to the agrometeorological models for monitoring and estimating the coffee productivity, that need this important phenological information.

Key words: *Coffea arabica* L., climate, phenology, floral buds maturation, flowering.

1 INTRODUÇÃO

A economia cafeeira mundial tem passado por grandes transformações nas últimas décadas, com alterações marcantes tanto na produção quanto no consumo. Apesar de apresentar taxas decrescentes na produção e na participação do mercado internacional, o Brasil continua sendo o principal produtor e o maior exportador mundial de café arábica.

O Brasil conta atualmente com cerca de 5 bilhões de cafeeiros, com uma produtividade média de 19,8 sacas de 60 kg. ha^{-1}. Segundo o levantamento feito pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), em dezembro de 2006, a produção brasileira de café beneficiado no ano agrícola 2006/07 foi de aproximadamente 42 milhões de sacas de 60 kg, das quais 33 milhões são de café arábica (76%) e 9,5 milhões de robusta (24%). A área cultivada com café no país é de 2,3 milhões de hectares, dos quais 2,2 milhões estão em produção e 166 mil hectares em formação.

O maior produtor nacional é o Estado de Minas Gerais, que participa com 49,5% da produção do país, isto é, 22 milhões de sacas de 60 kg de café arábica, ocupando 49% da área total nacional. O Estado do Espírito Santo vem em segundo lugar, participando com 9 milhões de sacas (21% da produção nacional), principalmente da espécie robusta, representando 21,5% da área total nacional. O terceiro lugar cabe ao Estado de São Paulo, que somente produz café arábica, com 9,4% da área total, num montante de 4,5 milhões de sacas de café beneficiado (11% da produção nacional), destacando-se, assim, como o segundo maior produtor de café arábica do país. A produtividade média desse Estado, no ano agrícola de 2006/07, foi de 21 sacas. ha^{-1}, superior em 45% à da safra anterior.

O café continua sendo o mais importante produto agrícola de exportação, gerando riquezas e divisas para o país, além de ter importante função social, como gerador de emprego e fixador de mão-de-obra no campo. Desde que surgiu no Brasil, no século XVIII, esta cultura já se expandiu do Sudeste para as outras regiões e, por esse motivo, a diversidade é uma das características da cafeicultura brasileira.

Do Sul à Amazônia, o café está presente em planaltos e regiões montanhosas, em cultivos adensados e convencionais, tem auxílio da irrigação em cerca de 10% da área para suportar o clima seco, diversas cultivares e é cultivado em pequenas, médias e grandes propriedades. Ao contrário do que ocorre em outros países produtores, como a Colômbia e

o Vietnã, que, pela própria extensão, têm menor área cultivada, a diversidade do Brasil o coloca numa situação favorável diante do cenário mundial, pois o consumo vem crescendo e a produção mundial decrescendo.

Para se tornar mais competitivo e garantir maior sustentabilidade do agronegócio, o produtor brasileiro deve obter um produto de qualidade, já que os consumidores estão cada vez mais exigentes, e com agregação de valor. Assim, faz-se necessária a adoção de tecnologia em todas as fases da cadeia produtiva, buscar diferenciação pela qualidade, redução dos custos de produção e novas formas de gestão.

A estimativa antecipada da produção de café é de fundamental importância para o estabelecimento da política cafeeira no país e para um adequado planejamento da cultura. A adoção de sistemas confiáveis de previsão de safra pela maioria dos países produtores é um instrumento importante para diminuir a volatilidade do mercado.

O Brasil tem grande influência na formação do preço internacional do café e as decisões estratégicas deste agronegócio mundial contam hoje com o apoio do moderno sistema brasileiro de previsão de safra, baseado em monitoramento via satélite combinado com o mapeamento e monitoramento da cultura. Apesar disso, ainda não existe um método adequado para a previsão antecipada da safra no país, que permita uma avaliação mais segura e precisa. Isso se deve à complexidade ocasionada pela diversidade dos fatores ambientais, culturais e econômicos envolvidos na produtividade desta cultura.

Dentre os fatores que devem ser considerados em um sistema de previsão de safras, o clima é o que mais interfere na produção agrícola, sendo um dos principais responsáveis pela variabilidade final da produção. Isso pode afetar tanto a oferta de produtos agrícolas como a regularidade do abastecimento no mercado e a estabilidade de preços.

O cafeeiro arábica é afetado nas suas fases fenológicas pelas condições ambientais, especialmente pela variação fotoperiódica e pelas condições meteorológicas, principalmente a distribuição pluviométrica e temperatura do ar, que interferem também na produtividade e qualidade da bebida. Poucos são os trabalhos que avaliam essas relações. No Brasil, alguns trabalhos clássicos relacionaram estes fatores e a cafeicultura, como LAINS & SILVA (1956), TOSELLO & ARRUDA (1962), IPEA (1972), CAMARGO et al. (1984), SILVA et al. (1986), SILVA et al. (1987), WEILL (1990) e PICINI et al. (1999).

Modelos matemáticos agrometeorológicos que relacionam condições ambientais, como temperatura e disponibilidade hídrica no solo, à fenologia, à bienalidade e à produtividade do cafeeiro estão sendo desenvolvidos para as regiões cafeeiras do Brasil. Esses modelos consideram que cada fator climático exerce um certo controle na produtividade da cultura por influenciar em determinados períodos fenológicos críticos, como na indução floral, na floração, na formação e na maturação dos frutos dos cafeeiros (CAMARGO et al., 2003; CARVALHO et al., 2003; SANTOS, 2005).

Entretanto, há grande dificuldade de se estudar os processos fisiológicos envolvidos na floração do café, pois não se sabe exatamente o quanto os efeitos ambientais da luz, temperatura e água interferem e se é de forma associada, já que muitas vezes não são conduzidos em ambientes controlados. Assim, deve-se dar ênfase à avaliação dessas características determinantes do desenvolvimento e da produção do cafeeiro.

Uma boa estimativa da produtividade implica, portanto, na elaboração de modelos que visam acompanhamento e monitoramento dos efeitos do clima sobre o início e duração dos estádios fenológicos críticos do cafeeiro, como, por exemplo, o início da florada principal (plena), que vai definir a produtividade final, sendo fundamental para a obtenção de modelos de previsão de quebra de produtividade mais consistentes.

Esse conhecimento ou tecnologia pode se constituir em importante instrumento operacional para uma série de usuários, desde os produtores até os planejadores vinculados aos órgãos governamentais, tanto para tomada de decisões, como para o estabelecimento de políticas agrícolas.

Assim, este trabalho se baseia nas seguintes hipóteses:

1ª. Coeficientes de sensibilidade relacionados aos elementos térmicos e hídricos nas várias fases fenológicas do cafeeiro são importantes no desenvolvimento de modelos que relacionam clima x fenologia x produtividade.

2ª. Modelos agrometeorológicos que relacionam a produtividade com as condições da cultura, quantificadas através de resultados do balanço hídrico e temperaturas absolutas ajustados por diferentes coeficientes de sensibilidade ocorridos durante as fases fenológicas mais sensíveis, podem estimar com mais consistência a quebra de produtividade da cultura do café, considerando informações do modelo fenológico-agrometeorológico.

3ª. O desenvolvimento desses modelos possibilita um melhor monitoramento dos efeitos do clima ao longo das diferentes fases fenológicas do cafeeiro.

4ª. Um modelo fenológico-agrometeorológico pode ser desenvolvido, capaz de estimar o início da fase da floração plena do cafeeiro arábica para as condições tropicais do Brasil, servindo como importante subsídio a trabalhos de previsão de safra.

Os objetivos do trabalho foram:

a) Identificar os elementos e fatores climáticos que interferem nos diferentes estádios fenológicos do cafeeiro, com ênfase na fase da floração;

b) Desenvolver, parametrizar e validar modelo agrometeorológico de estimativa do início da fase da floração plena do cafeeiro arábica para as condições tropicais do Estado de São Paulo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e Características do Café Arábica

Admite-se que os primeiros cultivos de café foram na Etiópia, sendo conduzido pelos árabes no início do século XVII. Foi neste país que os holandeses obtiveram sementes de *Coffea arabica*, introduzindo-as na Ilha de Java, por volta de 1690, de onde se iniciaram os primeiros cultivos extensivos desta rubiácea (CARVAJAL, 1972). Segundo o autor, em 1706, levou-se um arbusto desta espécie ao Jardim Botânico de Amsterdã e, por circunstâncias especiais, este exemplar se converteu na fonte de origem de milhões de cafeeiros na América Latina.

Primeiramente, introduziram-se sementes procedentes de Amsterdã na Guiana Holandesa (atual República do Suriname), em 1714, dando origem às mudas levadas para o Jardim Botânico de Paris, de onde, poucos anos depois, enviaram-se sementes à Ilha de Martinica. Essa, por sua vez, converteu-se no importante centro de distribuição para a Venezuela, Colômbia, toda América Central e várias regiões das Antilhas. Até onde se sabe, o café foi levado do Suriname a Caiena, em 1718, e daí a Belém do Pará, quando

chegou ao Brasil, em 1727. Na América, logo alcançou o México, sendo o Paraguai aparentemente o último país da América do Sul onde se cultivou o café (CARVAJAL, 1972).

O gênero *Coffea* inclui várias espécies, entretanto apenas quatro estão em cultivo comercial, com maior ênfase às duas primeiras, segundo esta ordem: *Coffea arabica* L., *C. canephora* Pierre, *C. liberica* Hiern e *C. dewevrei* De Wild e Durant (CARVAJAL, 1972).

A espécie *C. arabica* é cultivada em mais de 85% dos países cafeicultores, tendo sua maior difusão no continente Americano. Segundo CARVAJAL (1972), na Ásia, esta espécie se extinguiu devido, principalmente, pela incidência de ferrugem (*Hemileia* sp.). Atualmente se encontra nas partes altas da Índia, onde se conta com variedades resistentes às raças predominantes deste fungo, assim como nas Filipinas e no Sudeste da Indonésia.

A espécie *C. canephora* (Robusta) teve o auge do seu cultivo por ser altamente resistente à ferrugem das folhas, sendo primeiramente cultivada em Java, pelos holandeses. Hoje se encontra exclusivamente em alguns países, como República do Congo, Angola, Madagascar, Costa do Marfim, Vietnã, Indonésia, Uganda dentre outros. No Brasil, as principais regiões que cultivam o café robusta correspondem aos Estados do Espírito Santo e Rondônia.

Quanto ao ambiente de origem, o café arábica, segundo KRUG (1959) citado por CAMARGO (1985a), é originário de áreas florestais elevadas do sul da Etiópia, próximas à linha equatorial, em latitudes variáveis entre 6º e 9º N. Por esta razão, é considerado uma planta tropical de altitude, adaptada a clima úmido com temperaturas amenas. É encontrado de forma espontânea na sua região de origem entre altitudes de 1.000 a 2.000 m (NARASIMHASWAMY, 1968), mas pode vegetar e frutificar muito bem em planaltos tropicais, como o centro-sul brasileiro (CAMARGO, 1985a). Segundo CARVAJAL (1972), o café é cultivado em uma variedade de condições ecológicas, em altitudes desde poucos metros acima do nível do mar até aproximadamente 2.000 m, nos mais diversos tipos de solos, clima e sistemas de cultivo variados.

Quanto à sua botânica, é uma planta perene de porte arbustivo, pertencente à família Rubiaceae, produtora de frutos tipo baga, contendo, normalmente, duas sementes que representam o seu produto econômico. É uma espécie tetraplóide, com 2n = 44

cromossomos, autocompatível e se multiplica predominantemente por autofecundação (THOMAZIELLO et al., 2000).

2.2 Exigências Climáticas

Os efeitos da influência dos elementos meteorológicos na produção do cafeeiro foram bem discutidos em vários trabalhos (HUXLEY & ISMAIL, 1970; CANNEL, 1971; CAMARGO, 1985a; CAMARGO, 1987; WEILL, 1990; ORTOLANI, 1991 e PICINI, 1998; SILVA et al., 2005; DAMATTA & RAMALHO, 2006). Os fatores climáticos são os que individualmente explicam a maior parte da variabilidade total da produção do cafeeiro no Estado de São Paulo, quando comparados com fatores edáficos e biológicos da planta (WEILL, 1990).

2.2.1 Temperatura do ar

A temperatura é praticamente imutável, portanto constitui-se no fator climático mais importante para definir a aptidão climática do cafeeiro em cultivos comerciais (CAMARGO, 1985a). A aptidão térmica é dada por faixas de temperatura média anual classificadas em ideal, apta e inapta, sendo: Ideal:19° a 22°C; Apta:18° a 23°C; Inapta: abaixo de 18° e acima de 23°C (ORTOLANI et al., 1970; ORTOLANI, 1991).

Em temperaturas médias anuais superiores a 23°C, associadas à seca na época do florescimento, ocorrem abortamento floral e formação de "estrelinhas", ou seja, baixa à nula produtividade do café arábica. Além disso, em temperaturas médias elevadas apresentará frutos com desenvolvimento e maturação bastante precoces, ocasionando perda da qualidade do produto, pois a colheita e secagem coincidirão com o período chuvoso (CAMARGO, 1985a; THOMAZIELLO et al., 2000).

No extremo oposto, em temperaturas inferiores a 18°C para o café arábica ocorre exuberância vegetativa e baixa diferenciação floral, como conseqüência terá baixos níveis de produtividade além de sintomas típicos de crestamento foliar no período de inverno, associado aos ventos dominantes. Acima da temperatura média anual de 23°C pode ocorrer redução de crescimento no período do verão e surgir sintomas intensos de descoloração foliar (CAMARGO, 1985a).

Temperaturas do ar extremamente baixas podem ocasionar geadas severas, prejudiciais aos cafeeiros. Segundo SEDIYAMA et al. (1999), temperaturas absolutas do ar iguais ou inferiores a 2°C implicam a formação de geadas de radiação, que, para o café, significa a morte dos tecidos vegetais quando a temperatura do limbo foliar for igual ou menor que -3,5°C (FERRAZ, 1968 apud PINTO et al., 2000).

2.2.2 Precipitação

O cafeeiro arábica, como planta de sub-bosque, tem necessidade de regular a quantidade de umidade no ar e no solo, o que lhe é dado pelas chuvas. A quantidade pluviométrica ideal às suas reservas é compreendida entre 1200 e 1600 mm por ano. Ao se avaliarem as condições ideais de precipitação para esta cultura, deve-se considerar algumas variáveis importantes, tais como precipitação anual média, distribuição da precipitação durante o ano (número de meses secos), balanço hídrico, época e intensidade das deficiências e excedentes hídricos e condições do solo (características físicas), de acordo com CAMARGO & TELLES (1953).

Os déficits hídricos podem levar à queda de produtividade do cafeeiro, embora seus efeitos dependam da duração, intensidade da deficiência hídrica e do estádio fenológico que a planta se encontra (CAMARGO et al.,1984). Mas segundo CAMARGO (1987), nos estádios fenológicos de vegetação, formação do grão e maturação uma deficiência hídrica severa pode afetar a produtividade, no entanto, uma deficiência hídrica entre julho e agosto, período anterior à antese, pode se tornar benéfica, favorecendo uma florada mais uniforme já nas primeiras chuvas de setembro.

Estudos através de balanços hídricos indicam que o cafeeiro suporta até 150 mm anuais de deficiência hídrica, especialmente se este período não se prolongar até o mês de setembro, ficando restrito à fase de abotoamento e repouso e se as condições de solo forem adequadas (CAMARGO, 1987).

2.2.3 Altitude

No Estado de São Paulo, os limites para as principais regiões cafeeiras situam-se entre 400 e 1200 metros. Em condições de baixa altitude (300 - 450 m), temperaturas elevadas, com alta demanda hídrica, associadas com longos períodos de seca, podem ocasionar menor sustentabilidade e produtividade da lavoura. Do contrário, em regiões de elevada altitude (1.000 -1.200 m), os ventos frios é que podem ser prejudiciais (THOMAZIELLO et al., 2000). Mas segundo os autores, ambos os casos podem ser minimizados com sistemas de consorciação, quebra-ventos ou arborização adequada do cafezal.

2.3 Fisiologia do Cafeeiro

2.3.1 Crescimento vegetativo

O café é um arbusto de crescimento contínuo, que apresenta um característico dimorfismo dos ramos, caracterizado pela presença de ramos ortotrópicos, que crescem verticalmente, dos quais se originam os ramos plagiotrópicos, crescendo lateralmente numa inclinação entre 45 e 90º em relação ao eixo principal, sendo estes responsáveis pela produção econômica da planta (RENA & MAESTRI, 1985). Ramos verticais adicionais ("ladrões"), normalmente aparecem nos cafeeiros mais idosos ou quando o ramo principal é danificado. O eixo vertical possui folhas opostas cruzadas, das quais se inserem estípulas largas entre os pecíolos. Nos ramos laterais, a filotaxia é a mesma, porém, as folhas são colocadas num plano horizontal (RENA & MAESTRI, 1985).

Na axila de cada folha dos ramos ortotrópicos existe uma série linear de 5 a 6 gemas, denominadas gemas seriadas, e, acima destas, uma outra gema isolada, dita "cabeça-de-série" (GOUVEIA, 1984; RENA & MAESTRI, 1985). Estas dão origem unicamente a ramos laterais, enquanto as seriadas eventualmente desenvolvem-se em ramos ladrões.

Os ramos plagiotrópicos possuem de 4 a 6 gemas seriadas por axila foliar, que originarão as gemas florais e, eventualmente, os ramos laterais de segunda ordem. Já as gemas "cabeça-de-série" raramente aparecem nos plagiotrópicos e, se existentes, dão origem exclusivamente a ramos laterais (RENA & MAESTRI, 1985).

Segundo THOMAZIELLO et al. (2000), o cafeeiro apresenta um único ciclo anual de crescimento e frutificação. A ocorrência de chuvas, no início da primavera, proporciona um rápido crescimento vegetativo e abertura dos botões florais. As raízes, aparentemente, crescem mais rapidamente durante a estação seca e fria, como foi verificado também por RENA & MAESTRI (1985). A iniciação floral é acelerada pela entrada do período seco, quando as taxas de crescimento vegetativo começam a decrescer. Dessa forma, o crescimento da parte aérea, que ocorre durante todo período chuvoso, proporciona o crescimento dos ramos em cujos nós se desenvolverão os botões florais que definirão a produção do ano seguinte.

Isso explica a bienalidade da produção do cafeeiro nas condições tropicais do Brasil, pois as variações sazonais no crescimento vegetativo se devem principalmente à concorrência entre as fases vegetativas e reprodutivas pelos metabólitos disponíveis dentro da planta. Mas essa periodicidade também está associada a diversos fatores ambientais, como temperatura, fotoperíodo, irradiância, suprimento de água e de nutrientes (DAMATTA & RENA, 2002). As raízes são as mais prejudicadas por essa competição, crescendo menos e limitando a absorção de nutrientes (THOMAZIELLO et al., 2000).

GOUVEIA (1984) definiu a produção bienal do cafeeiro como sendo conseqüência 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. Esses fatores limitam a quantidade de meristemas axilares disponíveis para a formação de inflorescências. Em segundo lugar, a presença dos frutos atrasa e restringe a diferenciação das gemas florais, provavelmente devido à ação combinada de fatores hormonais e nutricionais, mas isso ainda não está bem definido.

Assim, nos anos de grande produção, os frutos em crescimento são um forte dreno, absorvendo a maior parte da atividade metabólica da planta, reduzindo o desenvolvimento vegetativo. Como no cafeeiro arábica, o fruto se desenvolve na parte nova dos ramos do ano anterior, há, portanto, produção menor no ano subseqüente ao de elevada produção (MEIRELES et al., 2004).

2.3.2 Floração

A maior parte das informações sobre o processo de florescimento do cafeeiro é oriunda de observações de campo, nem sempre acompanhadas de medidas quantitativas adequadas, criando maiores obstáculos para a elaboração de um quadro coerente sobre o processo de indução e diferenciação das gemas florais (GOUVEIA, 1984; RENA & BARROS, 2004).

Estudos sobre o processo de florescimento em *Coffea arabica* se fazem necessários para ampliar conhecimentos científicos básicos que poderão contribuir para a solução de vários problemas que a cafeicultura enfrenta, como anomalias florais, desuniformidade de maturação dos frutos e a produção bienal (GOUVEIA, 1984).

A floração do café e os fatores que a regulam foram base de estudos de vários autores (MES, 1957; ALVIM, 1973, 1985; BROWNING, 1977; MAESTRI & BARROS, 1977; GOUVEIA, 1984; RENA & MAESTRI, 1985; BARROS et al., 1999; RENA & BARROS, 2004; DAMATTA & RAMALHO, 2006).

O café é uma espécie de floração gregária, isto é, todas as plantas individuais florescem simultaneamente numa certa extensão geográfica, entretanto o número de floradas varia desde umas poucas até várias ao longo do ano (RENA & MAESTRI, 1985). Nas regiões cafeeiras de latitudes médias, com época seca e fria bem definida, como no sudeste do Brasil e algumas regiões do sul, podem aparecer de 2 a 3 floradas de intensidades decrescentes; já nas regiões equatoriais chuvosas, como Costa Rica, verifica-se de 12 até 15 floradas. Isso pode dificultar a colheita, o controle de pragas e doenças e até interferir na qualidade final dos grãos (RENA & MAESTRI, 1985; RENA & BARROS, 2004; SILVA et al., 2005).

As inflorescências são formadas nas axilas das folhas dos ramos plagiotrópicos crescidos no ano anterior, como já foi citado. Cada uma é, no início, a continuação do ramo vegetativo, em que brácteas e bractéolas aparecem como órgãos homólogos de folhas e estípulas interpeciolares (GOUVEIA, 1984). Cada gema seriada dá um eixo curto, terminando numa flor. Normalmente, a gema superior de cada série axilar dos ramos laterais origina a maior inflorescência, enquanto as consecutivas desenvolvem-se

em inflorescências cada vez menores ou permanecem indiferenciadas. Segundo GOUVEIA (1984), em café arábica, no máximo seis gemas desenvolvem-se em botões florais. A inflorescência normalmente consiste de quatro botões florais presos a uma haste, sendo conhecida como feixe floral ou glomérulo. Em alguns casos, o número de flores por inflorescência chega de 2 a 9, em *Coffea arabica* (WINTGENS, 2004).

MAESTRI & BARROS (1977) verificaram que a distribuição sazonal das chuvas, as oscilações de temperatura do ar e a variação fotoperiódica se configuram como os fatores climáticos mais importantes no controle do crescimento e florescimento do *Coffea arabica*.

Para facilitar as análises, a floração do café foi dividida por RENA & BARROS (2004) em quatro fases distintas: (i) iniciação floral; (ii) diferenciação; (iii) período de dormência do botão floral e (iv) abertura da flor (antese).

2.3.2.1 Iniciação floral

O processo de iniciação floral culmina com a formação dos primórdios florais reconhecíveis ao microscópio, sendo precedido de reações fisiológicas que resultam na produção do "estímulo floral" e da "evocação" do meristema (RENA & BARROS, 2004). Segundo os autores, não há como delimitar a indução floral no cafeeiro pois são processos quantitativos e graduais que se sobrepõem. Dessa forma, fatores como luz, temperatura, água e déficit de pressão de vapor (DPV) da atmosfera têm seus efeitos confundidos durante essa fase e até na diferenciação das partes florais.

O cafeeiro é considerado uma planta de dia curto, ou seja, a iniciação floral é promovida em dias curtos, com fotoperíodo crítico de 13-14 horas (FRANCO, 1962; CAMARGO, 1983; RENA & MAESTRI, 1985; THOMAZIELLO et al., 2000). Entretanto, ainda há dúvidas sobre a função do fotoperíodo na indução floral. ALVIM (1973), verificou que cafeeiros expostos continuamente a fotoperíodos indutivos, como nas regiões próximas à linha do equador, a diferenciação das gemas florais pode ocorrer durante o ano todo e considera, então, que o florescimento passa a ser regulado pelo ciclo anual das chuvas.

Em estudos histológicos, GOUVEIA (1984) observou que o processo de indução e diferenciação das gemas produtivas inicia-se, nas condições de Campinas a 22º53' S, a partir de janeiro, podendo todas as gemas estarem induzidas depois de março. A autora admite que a indução floral do cafeeiro deve estar ligada à redução progressiva do comprimento do dia e não necessariamente ao número de horas de luz. Há também estudos que indicam que plantas adultas de café são insensíveis ao fotoperíodo para a floração (RENA & BARROS, 2004).

Sob fotoperíodo indutivo, o número de flores a serem formadas depende da temperatura ambiente, sendo menor em temperatura mais elevada (THOMAZIELLO et al. 2000). Em condições controladas, observou-se maior desenvolvimento de gemas florais por axila foliar em termoperíodos de 23ºC dia/17ºC noite e ao elevar a temperatura houve um decréscimo no número de gemas florais. Em regimes de 30ºC dia/23ºC noite e 30ºC dia/17ºC noite não houve formação de gemas florais e, também, temperaturas baixas (17ºC /12ºC e 20ºC/17ºC) inibiram a iniciação floral (MES, 1957; RENA & MAESTRI, 1985; THOMAZIELLO et al., 2000).

A influência da temperatura sobre a iniciação floral não pode ser separada de seus efeitos sobre o crescimento vegetativo e as condições gerais da planta, por apresentarem uma relação direta. THOMAZIELLO et al. (2000) observaram que, em condições favoráveis de temperatura, plantas de café tornam-se mais vigorosas e desenvolvem maior número de gemas por nó produtivo. Já temperaturas noturnas baixas poderão prejudicar a iniciação floral, mediante seu efeito no processo de divisão e diferenciação celular e/ou indiretamente pela redução nas reservas e carboidratos da planta (DAMATTA & RAMALHO, 2006).

O estado de hidratação dos tecidos vegetais pode alterar inúmeras atividades vitais da planta. Nas perenes, a formação de gemas florais tem sido relacionada com déficit hídrico interno moderado (THOMAZIELLO et al., 2000). Para o café arábica, RENA & MAESTRI (1985) concluíram que períodos secos possivelmente estimulem a iniciação floral, mas não são críticos na fase indutiva.

Nas regiões cafeeiras do Brasil, a iniciação floral se acentua com a entrada da estação seca em abril, ou seja, quando as plantas começam a sofrer estresse hídrico ocasionado pela queda na disponibilidade de água do solo. No mesmo período, acentua-se a

redução no comprimento do dia e a temperatura média diária diminui gradativamente (THOMAZIELLO et al., 2000; RENA & BARROS, 2004). Esses fatores parecem atuar conjuntamente na iniciação floral. Na Costa Rica, que não possui período de seca definido, a iniciação floral se dá durante qualquer período do ano, enquanto na Colômbia, a iniciação floral foi associada a uma baixa relação precipitação/brilho solar. Estudos no Quênia, onde as floradas ocorrem em duas épocas distintas, registraram iniciação floral tanto em períodos secos quanto úmidos (RENA & MAESTRI, 1985).

A floração e o potencial reprodutivo de qualquer planta são, em grande parte, função da relação quantitativa entre carboidratos e compostos nitrogenados (relação C/N). No cafeeiro há uma estreita relação entre o número de gemas florais presentes na florada e o número de folhas no mesmo ramo, indicando que a área foliar e a quantidade adequada de carboidratos são um dos principais determinantes da produção (BARROS et al., 1982; THOMAZIELLO et al., 2000).

Outro fator importante é a presença de grande quantidade de frutos que atuam como inibidores da iniciação floral, por causa de seu efeito no balanço hormonal da planta. GOUVEIA (1984) fez algumas observações muito circunstanciais que sugerem a participação de giberelinas como inibidores da iniciação floral.

2.3.2.2 Diferenciação floral

Segundo WINTGENS (2004), o desenvolvimento do botão floral é amplamente controlado por hormônios vegetais, os quais são ativados principalmente pelo fotoperiodismo (comprimento do dia) e por uma queda de temperatura do ar (estação fria).

Observando externamente, só se pode assegurar que as gemas estão floralmente determinadas quando os botões, ainda verdes, se tornam individualmente visíveis e prontos para se abrirem sob a ação de um estímulo (RENA & MAESTRI, 1985; RENA & BARROS, 2004). Assim, uma gema com forma achatada e triangular poderá ou não estar floralmente diferenciada, mas se ela estiver inchada e envolvida pelas brácteas rudimentares espessadas, coberta por uma mucilagem, já estará diferenciada num botão floral (RENA & MAESTRI, 1985; RENA & BARROS, 2004; WINTGENS, 2004).

Os primórdios florais diferenciados crescem continuamente por um período de 2 a 3 meses, nas condições ambientes das regiões cafeeiras, atingindo um tamanho de 4 a 8 mm. Em seguida, há uma diminuição na taxa de crescimento e as gemas, com cerca de 9 mm de comprimento, entram em dormência (quiescência) até que ocorra o estímulo para o florescimento (THOMAZIELLO et al., 2000). Essa fase é definida por vários autores (GOUVEIA, 1984; CRISOSTO et al., 1992; RENA & BARROS, 2004) como sendo o Estádio 4 do desenvolvimento, no qual os botões encontram-se fisiologicamente maduros e prontos para reagirem aos estímulos desencadeadores da abertura floral.

2.3.2.3 Período de dormência do botão floral

O período de dormência ocorre durante a estação seca, coincidindo com um baixo crescimento vegetativo, podendo durar semanas ou meses, dependendo das condições ambientais. Vários autores discutiram os fatores responsáveis pela dormência do botão floral e sua duração, como MES (1957), ALVIM (1973), BROWNING (1977), MAGALHÃES & ANGELOCCI (1976), GOUVEIA (1984), RENA & MAESTRI (1985).

Quanto ao significado fisiológico do repouso das gemas florais, MES (1957) sustenta a hipótese de que elas ficam quiescentes devido ao déficit hídrico das plantas, imposto pela seca, enquanto ALVIM (1973) e BROWNING (1977) acreditam que o estresse hídrico é necessário para quebrar a dormência determinada por condições endógenas.

ALVIM (1973) supôs a existência de duas etapas durante a paralisação do crescimento das gemas florais. Primeiramente há uma dormência endógena causada pela presença de substâncias inibidoras, a qual seria revertida durante a seca. A partir de um dado momento, passaria a existir uma quiescência ou dormência imposta, que se estenderia enquanto durasse o estresse dos cafeeiros por deficiência hídrica. Em experimentos realizados no Peru, região costeira onde raramente chove, ele verificou que nos cafeeiros constantemente irrigados os botões florais não se abriam, ao contrário da abertura floral regular quando os cafeeiros eram submetidos a déficit de água. Assim, o autor sugeriu que um período de seca é necessário para quebrar a dormência dos botões e que a subseqüente

adição de água era necessária apenas para a indução do crescimento das gemas quiescentes, fenômeno que ele denominou “hidroperiodismo”.

RENA & MAESTRI (1985) citaram vários autores que fizeram observações semelhantes, dando suporte à hipótese levantada por ALVIM (1973). Contudo, FRANCO (1962), trabalhando com cafeeiros em solução nutritiva, observou uma floração semelhante e simultânea àquelas dos cafeeiros em condições de hidroperiodismo. Por outro lado, MAGALHÃES & ANGELOCCI (1976) concluíram que a irrigação quebrava a dormência quando havia uma brusca reversão do gradiente de potencial da água entre as gemas florais e as folhas subjacentes. Esses autores, medindo paralelamente o potencial hídrico dos botões florais e de seus respectivos pares de folhas, observaram que a quebra da dormência de botões florais, em cafeeiros sob irrigação localizada, somente ocorria quando o potencial hídrico das folhas se encontrava abaixo de -1,2 MPa. Assim, concluíram que um potencial hídrico foliar de -1,2 MPa é necessário para que ocorra a quebra da dormência e que a irrigação causa a abertura floral em virtude de uma rápida turgescência dos botões florais.

DAMATTA & RENA (2002) afirmam que cafeeiros que apresentam potencial hídrico nas gemas de cerca de - 4,0 MPa florescem prontamente após a irrigação, desde que a temperatura do ar seja favorável.

Para SOARES et al. (2005) é a planta que deve ser submetida ao déficit hídrico, que pode ocorrer mesmo estando o cafeeiro instalado em solo com teor de água próximo à capacidade de campo ou mesmo dentro de solução nutritiva. Tudo depende do déficit de pressão de vapor (DPV) a que a planta está submetida e do solo. Se o DPV for grande e/ou a capacidade de retenção de água no solo for pequena (por exemplo, solos arenosos), poucas horas após a irrigação as folhas e as gemas já começam a experimentar deficiência hídrica. Esses autores concluíram que aparentemente, existe um sinergismo entre os fatores climáticos, como precipitação, temperatura e déficit de vapor, agindo sobre o desenvolvimento do botão floral, o que leva à antese quando estes se encontram no estádio 4.

Durante a época seca, os botões florais acumulam grandes quantidades de inibidores como o ácido abscísico, responsável por cerca de 75% da dormência, estabelecendo-se um balanço desfavorável na relação entre promotores e inibidores do crescimento, podendo, assim, ser a causa primária desse fenômeno (RENA & BARROS, 2004).

Para o cafeeiro, segundo THOMAZIELLO et al. (2000), é importante a ocorrência de um período de déficit hídrico pouco pronunciado no final do desenvolvimento das gemas florais. Essa condição possibilitaria que gemas em diferentes estádios alcançassem, no final do período, o mesmo grau de desenvolvimento, estabelecendo-se condições para a uniformização de floradas e da maturação dos frutos na colheita. Nas regiões produtoras mais úmidas ou sob irrigação permanente é freqüente um maior número de floradas, devido à ausência de um período seco (DAMATTA & RENA, 2002), o que é indesejável, pois dificulta a colheita e pode afetar a qualidade da bebida.

2.3.2.4 Abertura da flor (Antese)

Quanto à quebra da dormência e a retomada do crescimento do botão floral, BARROS et al. (1978) concluíram que as seguintes condições podem promover o florescimento do cafeeiro: (i) uma queda rápida da temperatura, isoladamente, quando o balanço hídrico das plantas não for crítico; (ii) chuvas abundantes ou irrigação após um longo período de seca; (iii) quedas bruscas na temperatura e suprimento de água (chuva ou irrigação) atuando complementarmente ou sinergicamente.

Segundo MES (1957), a provável influência da chuva na quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro ocorre devido à queda de temperatura, porque os cafeeiros cultivados em vasos, dentro de estufas, que recebiam regas normais e não apresentavam sintomas de murcha, mantiveram os botões florais dormentes. BROWING (1977) também relatou que rápidas reduções na temperatura, que normalmente acompanham as chuvas nos trópicos, podem desempenhar um papel relevante na quebra da dormência dos botões florais do café. O autor conclui que a quebra da dormência ocorre apenas quando a temperatura decresce em 3ºC ou mais, em um período inferior a 45 minutos, e que tais alterações estavam sempre associadas a chuvas. Do mesmo modo, SOARES et al. (2005) verificaram a quebra da dormência após a ocorrência de precipitações acompanhadas de queda brusca de temperatura, mesmo nas plantas com potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψam) de -0,2 MPa, e quando os botões já se encontravam no estádio de desenvolvimento 4, ou seja, fisiologicamente maduros.

GOUVEIA (1984), fazendo observações sobre a antese do cafeeiro arábica, na região de Campinas, Estado de São Paulo, verificou que, em três anos consecutivos, as floradas principais dos cafeeiros só ocorreram após um período de acentuada restrição hídrica, de duração variável, seguido de precipitações intensas, suficientes para o restabelecimento de um balanço hídrico favorável às atividades fisiológicas do cafeeiro. Além disso, observou que as floradas preliminares foram estimuladas por rápidas reversões no estado de estresse hídrico, decorrente de pequenas precipitações e/ou bruscas elevações na umidade relativa do ar. Esse fato também foi relatado por CAMARGO & FRANCO (1985), eles concluíram que um acentuado aumento da umidade relativa do ar, mesmo que os cafeeiros não recebam chuva diretamente, pode também provocar a florada.

Dessa forma, após a dormência ser quebrada por um estresse hídrico (rehidratação) dos botões e/ou por uma queda drástica na temperatura do ar, os botões florais reiniciam imediatamente seu crescimento, levando à abertura das flores 8 a 15 dias mais tarde (BARROS et al., 1978; CAMARGO & CAMARGO, 2001). GOUVEIA (1984) verificou que, para a região de Campinas, no período de 1980 a 1982, a abertura das flores ocorreu aproximadamente 10 dias após as chuvas. WINTGENS (2004) menciona que a florada geralmente começa 5 a 12 dias após o estímulo ter ocorrido. No campo, esse estímulo ocorre quando há uma "chuva de florada" no final da estação seca, sendo necessário no mínimo 10 mm de chuva, segundo CAMARGO & CAMARGO (2001), RENA & BARROS (2004) e WINTGENS (2004). Para PORTÉRES (1946) citado por DAMATTA & RENA (2002), geralmente, 5 a 10 mm de chuva são suficientes para desencadear o crescimento da gema.

As floradas, na maioria das regiões cafeeiras do Brasil, tanto coincidem com o início do rápido crescimento vegetativo (agosto/setembro) como têm continuação durante a estação de crescimento máximo (novembro/dezembro) (RENA & BARROS, 2004). A abertura das flores se dá nas primeiras horas da manhã e, no segundo dia, a corola começa a murchar, para cair no dia seguinte (THOMAZIELLO et al. 2000).

É importante ressaltar que, após a ocorrência de chuvas suficientes para a antese, o número de flores normais abertas está diretamente relacionado com o de folhas por nó e por ramo, com a reserva de amido do lenho dos ramos e com as condições gerais da planta (THOMAZIELLO et al. 2000). BARROS et al. (1982) demonstraram que são necessários

4,7 cm^2 de área foliar para que haja abertura normal das flores, pois a fotossíntese corrente foi a mais importante fonte de assimilados para o desenvolvimento normal do botão e para a antese.

O surgimento de flores anormais pode estar relacionado com fatores ambientes, como um período de seca prolongado antes da florada, ou quantidade insuficiente de chuvas e temperatura extremas durante a florada, favorecendo o aparecimento de "estrelinhas" (THOMAZIELLO et al. 2000). Segundo DAMATTA & RENA (2002), a ausência de um período de dormência pode acarretar aborto e desenvolvimento anormal de flores, e citaram que chuvas pesadas durante o período de expansão da gema floral, após a quebra da dormência, também podem resultar em anomalias florais de vários tipos. A expressão "estrelinha" é para denominar um caso extremo de atrofia dos botões, que permanecem verdes e jamais vingam.

Associados aos efeitos da água e da temperatura, atuam, na parte interna da planta, inúmeros reguladores de crescimento (GOUVEIA, 1984; RENA & MAESTRI, 1985; THOMAZIELLO et al. 2000; RENA & BARROS, 2004), principalmente os ácidos abscísicos, responsáveis pela dormência, e as giberelinas e citocininas, responsáveis pela quebra da dormência do botão. Entretanto, os resultados ainda são sugestivos e precisam de mais estudos que comprovem a participação deles no controle natural desse processo fisiológico.

2.4 Fases Fenológicas do Cafeeiro

Diversas formas de definir e esquematizar a seqüência das fases fenológicas do cafeeiro arábica foram propostas anteriormente (CAMARGO, 1985b; CAMARGO, 1998). Um modelo mais simples e racional foi proposto por CAMARGO & CAMARGO (2001), válido para as cultivares de café Catuaí e Mundo Novo.

Assim, a fenologia do cafeeiro arábica foi definida e esquematizada (Figura 1) para as condições tropicais do Brasil e relacionada com condições agrometeorológicas de cada ano. A esquematização das diferentes fases do cafeeiro é útil para facilitar e racionalizar as pesquisas e observações na cafeicultura. Com isso, possibilita identificar as fases que exigem água facilmente disponível no solo e aquelas nas quais torna-se conveniente ocorrer

pequeno estresse hídrico, para condicionar uma abundante florada (CAMARGO & CAMARGO, 2001; CAMARGO et al., 2001).

Para identificar esses períodos, foram esquematizadas seis fases fenológicas distintas, sendo duas delas no primeiro ano fenológico e quatro no segundo, como indica na figura 1.

A primeira fase, "*vegetação e formação das gemas vegetativas*", ocorre normalmente de setembro a março. São meses de dias longos, com fotoperíodo acima de 13 a 14 horas de luz efetiva ou acima de 12 horas de brilho solar (CAMARGO, 1985a).

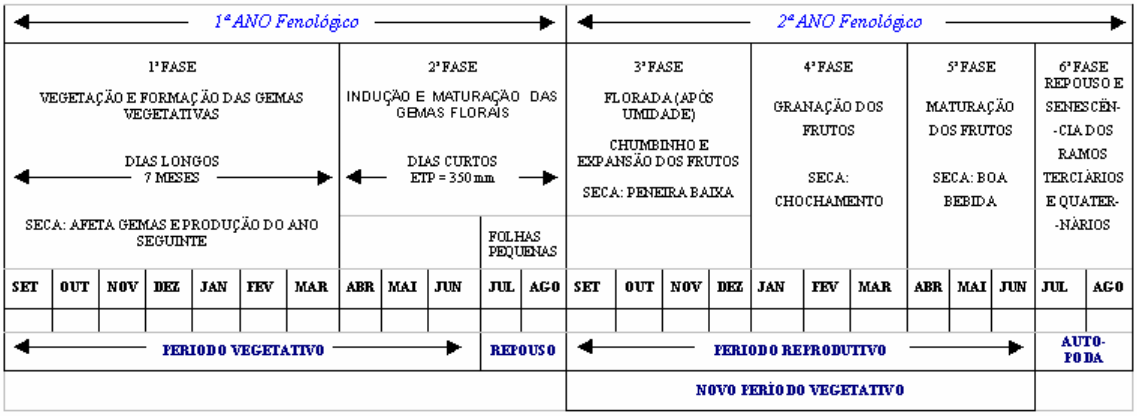

Figura 1 – Apresentação esquemática dos diferentes estádios fenológicos da cultura do café arábica para o Estado de São Paulo. Adaptado de CAMARGO & CAMARGO (2001).

A segunda fase, "*indução, diferenciação, crescimento e dormência das gemas florais*", é caracterizada por dias curtos, indo normalmente de abril a agosto. A partir de fevereiro, com os dias ainda mais curtos, com menos de 13 horas de luz efetiva, intensifica-se o crescimento das gemas florais existentes (MES, 1957; GOUVEIA, 1984). Essas gemas florais, após completo desenvolvimento, entram em dormência e ficam prontas para a antese, quando acontecer um aumento substancial de seu potencial hídrico, causado por chuva ou irrigação. Nos dois meses finais, julho a agosto, as gemas dormentes produzem um par de folhas pequenas, separando o primeiro ano fenológico do segundo.

A terceira fase, de setembro a dezembro, inicia-se com a "*florada*" após um aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras (choque hídrico), e vai até a

"*expansão dos frutos*". Uma florada principal acontece quando se verifica um período de restrição hídrica, seguido de chuva, irrigação ou mesmo um acentuado aumento da umidade relativa do ar (CAMARGO & FRANCO, 1985; RENA & MAESTRI, 1985). Temperatura ambiente elevada associada a um intenso déficit hídrico durante o início da florada, provoca a morte dos tubos polínicos, causando o abortamento das flores, resultando nas "estrelinhas", como foi discutido anteriormente. Após a fecundação, vêm os chumbinhos e a expansão dos frutos. Havendo estiagem forte nessa fase, poderá prejudicar o crescimento dos frutos e resultar na ocorrência de peneira baixa (CAMARGO & CAMARGO, 2001).

CAMARGO & CAMARGO (2001) fizeram observações em cafeeiros adultos em diferentes condições tropicais do Brasil, aptas para o café arábica, e mostram que as gemas florais completam a maturação e entram em dormência, ficando prontas para a antese plena quando o somatório de evapotranspiração potencial (ETp), a partir de abril, atinge cerca de 350 mm.

A quarta fase, "*granação"*, ocorre de janeiro a março do ano seguinte, quando há formação dos grãos. Nessa fase, um estresse hídrico pode ser prejudicial, produzindo frutos mal granados, que causam os defeitos preto, verde e ardido, como também o chochamento de grãos (MEIRELES et al., 2004). A fase de "*maturação dos frutos"*, normalmente de abril a junho, depende da periodicidade da cultivar e da acumulação de energia solar, ou seja, somatório de ETp em torno de 700 mm após a florada principal. Nessa etapa, deficiências hídricas moderadas beneficiam a qualidade do produto.

A sexta fase, "*repouso e senescência"*, ocorre em julho e agosto sendo caracterizada pela auto-poda do cafeeiro, em que muitos ramos produtivos (terciários e quaternários) secam e morrem, limitando o crescimento vegetativo.

2.5 Modelos Agrometeorológicos

Os modelos agrometeorológicos consideram que cada fator climático exerce um certo controle na produtividade da cultura, funcionando como um fator de eficiência. Os métodos para estabelecer a relação planta-clima, variam desde a simples correlação até modelos complexos, nos quais diferentes parâmetros são considerados (PICINI, 1998).

MOTA (1983) fazendo uma revisão sobre a previsão e a probabilidade agrometeorológica do rendimento de cereais no Brasil, afirma que o desenvolvimento de modelos clima-rendimento baseados em computadores e sua implementação em sistemas de informação agroclimática podem ser importantes para o planejamento e elevação da produtividade agrícola. "Os modelos agroclimáticos, para terem sucesso, necessitam obter dados históricos (meteorológicos e de rendimento) das regiões agrícolas e conhecimento dos agrosistemas". Segundo MOTA (1983), estes fatores precisam ser integrados na simulação matemática ou estatística envolvida na modelagem da influência do clima na agricultura.

Para determinar o impacto da variabilidade do tempo e do clima na produção, as variáveis agrometeorológicas são uma das entradas chaves requeridas para a operação de modelos de simulação de culturas (HOOGENBOOM, 2000). Entre estas incluem a temperatura máxima e mínima do ar, a radiação solar total e a precipitação pluvial total (MOTA, 1983; HOOGENBOOM, 2000).

A maioria dos modelos usa dados meteorológicos diários como entrada no modelo, pois essas variáveis numa escala de tempo menor são normalmente indisponíveis para a maioria dos locais. Além disso, o uso de dados meteorológicos observados em tempo real fornecerá simulações mais precisas do rendimento da cultura, especialmente para regiões tropicais, ao contrário da estimação de dados perdidos ou indisponíveis (HOOGENBOOM, 2000).

MURTHY (2003) estudando sobre a modelagem do crescimento de culturas e sua aplicação na meteorologia agrícola, fez uma revisão sobre os conceitos de simulação e modelagem. A simulação é definida como sendo a reprodução da essência de um sistema sem reproduzir o próprio sistema. Nesse caso, as características principais são reproduzidas por um modelo, o qual é estudado numa escala de tempo menor. O modelo, por sua vez, é uma representação esquemática da concepção de um sistema ou um ato de imitação ou um conjunto de equações que representam o comportamento de um sistema, ajudando a explicar, entender ou melhorar o desempenho do mesmo.

Dessa forma, um modelo é, por definição, uma versão simplificada de uma parte da realidade, e não uma cópia inteira da mesma. Esta simplificação faz os modelos serem úteis

porque oferecem uma descrição detalhada do problema. Porém, a simplificação é, ao mesmo tempo, a maior desvantagem do processo.

Modelos estatísticos, segundo MURTHY (2003), são aqueles que expressam a relação entre a produtividade de uma cultura ou componentes do seu rendimento e os parâmetros climáticos. Nestes modelos as relações são medidas por técnicas estatísticas, como análise de regressão, correlação, etc.

NEWMAN (1974) citado por PICINI (1998), classificou os modelos de análise clima-planta em estocásticos e determinísticos. Segundo COSTA (1997), os modelos estocáticos apresentam certo grau de probabilidade associado à sua resposta, sendo uma característica de modelos empíricos, enquanto os modelos determinísticos não apresentam grau de probabilidade associado a sua resposta e envolvem sempre algum tipo de análise de regressão.

Para estimativa de produtividade, os modelos utilizados são classificados, segundo ROBERTSON (1983), como empírico-estatístico, físico-estatístico e dinâmicos. ACOCK & ACOCK (1991) classificaram os modelos em conceituais, físicos e matemáticos, sendo os últimos subdivididos em empíricos e mecanísticos.

Modelos empíricos baseiam-se na interação entre os elementos e não consideram o entendimento científico do sistema, apresentando grande restrição quanto à extrapolação dos resultados, sendo geralmente utilizados para as condições locais (COSTA, 1997). Já os modelos mecanísticos têm sua estrutura firmada na descrição do processo que ocorre no sistema real considerado e apresentam pouca restrição quanto à extrapolação dos resultados. Estes modelos não só explicam a relação entre os parâmetros do clima e do rendimento, mas também o mecanismo destes modelos, ou seja, explicam a relação da influência das variáveis dependentes, considerando os princípios físicos e biológicos do sistema (MURTHY, 2003).

Os modelos clima-rendimento-tecnologia são definidos por MOTA (1983) como sendo uma representação simplificada das complexas relações entre o clima e o comportamento das culturas pelo uso de técnicas estatísticas bem estabelecidas. Os modelos desenvolvidos no Brasil pertencem ao tipo denominado empírico-estatístico, que usam uma amostra de dados de uma região e uma amostra de dados de clima, solo,

fenologia e tecnologia da mesma área para produzir estimativas dos coeficientes do modelo, usando técnicas de regressão por mínimos quadrados.

Nestes modelos, as variáveis independentes geralmente são precipitação, temperatura do ar ou variáveis agrometeorológicas derivadas, como índices de tensão hídrica ou de prejuízos por baixas ou altas temperaturas (MOTA, 1983). Os coeficientes de ponderação destas equações, segundo o autor, são necessariamente obtidos de maneira empírica, usando processos estatísticos padronizados, como análise de regressão múltipla. "O enfoque estatístico destes modelos nem sempre leva a uma explicação das relações de causa e efeito, mas é um enfoque prático para as previsões de safras".

Do mesmo modo, FONSECA et al. (2005) afirma que os modelos agrometeorológicos visam representar de forma simplificada as relações existentes entre a resposta fisiológica das plantas e as variáveis ambientais durante os diferentes estádios fenológicos de uma cultura. Estes modelos requerem um conhecimento detalhado sobre as interações que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera, as quais são transferidas para sistemas de equações que quantificam as contribuições das variáveis agrometeorológicas na expressão da produtividade final das culturas agrícolas. Nestes modelos, a decisão sobre quais variáveis utilizar está baseada em relações empíricas obtidas através do conhecimento experimental e também consideram os processos fisiológicos da vegetação (FONSECA et al., 2005).

Os modelos agrometeorológicos não só explicam o fenômeno estudado, mas também permitem extrapolações para condições ambientais diferentes daquelas vigentes sobre os dados utilizados para a geração dos modelos (KING, 1989 apud FONSECA et al., 2005)

2.6 Modelos Agrometeorológicos Aplicados para o Cafeeiro

Modelos agrometeorológicos que relacionam o rendimento das culturas com variáveis hídricas podem auxiliar na previsão de safra e na identificação de materiais genéticos mais tolerantes ao déficit hídrico (MATZENAUER, 1994).

Segundo BOYER (1969) o déficit hídrico ocupa uma posição de destaque entre os fatores limitantes da produção, pois altera o metabolismo da planta e é um fenômeno que ocorre em grandes áreas cultiváveis. Alguns trabalhos mostram a importância do índice

pluviométrico durante o ciclo fenológico do café (BEAUMONT, 1939; LAINS & SILVA, 1956; CASTRO, 1961; TOSELLO & ARRUDA, 1962; CAMARGO et al. 1984; PICINI, 1998). Esses trabalhos servem como subsídio para a utilização de modelos de previsão de safra, sejam estes simples ou complexos. A finalidade desses modelos, segundo BAIER (1979), é explicar, com base em processos físicos e fisiológicos, o efeito de uma ou mais variáveis meteorológicas sobre a resposta das plantas.

TOSELLO & ARRUDA (1962), ao correlacionarem estimativas de produção de café e precipitação pluvial, para o estado de São Paulo, observaram que as precipitações ocorridas entre abril-setembro e julho-setembro foram as mais significativas com as produções. O mesmo ocorre quando correlaciona com o déficit hídrico, segundo os autores.

CAMARGO et al. (1984) utilizaram análise de regressão múltipla para estudar o efeito da chuva na produtividade de cafeeiros do cultivar Mundo Novo, em duas localidades do Estado de São Paulo. Entre as combinações trimestrais, o período que apresentou boas correlações com a produção foi o de julho-agosto-setembro, correspondente às fases de dormência das gemas e inicio do florescimento. Admitiu-se que os efeitos combinados de produção do ano anterior e parâmetros pluviométricos, ocorridos nesse período, contribuíram significativamente para a variação na produtividade final obtida no cafezal.

Há evidências que no caso do café, mesmo antes da colheita, os fatores climáticos afetam a produtividade da safra seguinte, segundo SILVA et al. (1986). Desta forma os mesmos autores testaram modelos com deficiências hídricas, temperatura (geada) e produtividade do ano anterior em diversos períodos fenológicos, e com base nos resultados dos diferentes modelos, concluiu-se que as deficiências hídricas ocorridas em maio e junho do ano anterior ao da colheita afetaram negativamente o desenvolvimento vegetativo; para os meses de setembro do ano anterior (florescimento) e fevereiro do ano da colheita (formação do grão e maturação), os modelos também mostraram coeficientes negativos e significativos, indicando efeitos prejudiciais da deficiência hídrica nesses estádios.

SILVA et al. (1987) testaram modelos agrometeorológicos para os anos agrícolas de 1984/85 e 1985/86, para verificar o efeito da seca sobre o rendimento de culturas de café, e o resultado mostrou que nenhum dos modelos forneceu boas previsões dos rendimentos das duas safras.

WEILL (1990) procurou identificar os principais fatores limitantes à cultura do café e estabelecer um modelo multivariado simples para explicar as produtividades nas parcelas experimentais. As variáveis utilizadas foram: clima, produção do ano anterior e a idade da lavoura.

PICINI (1998) utilizou um modelo matemático agrometeorológico para verificar a quebra da produtividade cafeeira, onde as variáveis utilizadas eram: deficiência hídrica e produção do ano anterior. Para isso, desenvolveu e testou cinco modelos agrometeorológicos para quebra de produtividade do café. O primeiro foi o teste clássico proposto para o cafeeiro existente na literatura (CAMARGO et al. 1984). Esse modelo considera como variáveis independentes, a produtividade do ano anterior, a pluviosidade e os dias com chuva em determinados períodos críticos do cafeeiro, que, segundo os autores compreende o trimestre julho-agosto-setembro. O segundo modelo agrometeorológico testado foi o desenvolvido por STEWART et al. (1976) para culturas anuais e modificadas por DOORENBOS & KASSAN (1979). Esse modelo sugere que a demanda hídrica seja expressa pela razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial (ETr/ETp). No início as análises foram para todo o ciclo da cultura e, após estudos, as análises passaram a ser direcionadas para os diversos estádios fenológicos da cultura, pois a influência do déficit hídrico sobre certos estádios tem importância quantitativa diferente sobre o desenvolvimento da mesma. Este modelo quantifica somente o efeito da água disponível no solo sobre o decréscimo da produtividade final. O terceiro modelo agrometeorológico é tanto aditivo quanto multiplicativo e inclui a produtividade do ano anterior, pois a interdependência de um ano sobre o subseqüente afeta diretamente a produtividade do cafeeiro. Com exceção do modelo proposto por CAMARGO et al. (1984), no qual a produtividade do ano anterior é incluída em kg de café beneficiado.ha^{-1}, nos demais, foi introduzida a relação entre a produtividade do ano anterior e a produtividade potencial (Yaa/Yp). Outros modelos agrometeorológico testados por PICINI (1998) são os modelos aditivo de STEWART et al. (1976) e modificado por DOORENBOS & KASSAN (1979) e o modelo multiplicativo de RAO (1988). O modelo com melhores resultados, após algumas modificações, foi o aditivo, desenvolvido por STEWART et al. (1976), verificando também que os coeficientes relativos à produtividade do ano anterior apresentaram grande influência sobre a produtividade na maioria das combinações.

PICINI et al. (1999) desenvolveram e testaram modelos matemáticos agrometeorológicos que relacionam a fenologia, a bienalidade e a produtividade do cafeeiro. Tais modelos baseiam-se na penalização da produtividade potencial, em função da produtividade do ano anterior e das relações ER/EP (evapotranspiração real e potencial), considerando coeficientes de resposta da cultura ao suprimento hídrico (ky). Os autores verificaram que os melhores ajustes entre dados observados e estimados foram obtidos com o modelo aditivo que relaciona o fator hídrico durante os trimestres junho/julho/agosto; setembro/outubro/novembro e dezembro/janeiro/fevereiro, concluindo que a produtividade do cafeeiro é particularmente sensível ao estresse hídrico durante os estádios fenológicos do florescimento e formação do grão. Tal confirmação foi feita anteriormente por CAMARGO (1987), o qual afirma que, quanto à disponibilidade de água no solo, a deficiência hídrica severa mostra-se crítica para o cafeeiro nos estádios vegetativo, de formação dos grãos e de maturação, nas condições do Estado de São Paulo.

CARVALHO et al. (2003) avaliou o modelo proposto por STEWART et al. (1976) e adaptado por PICINI (1998) para a estimativa de produtividade de café para três localidades da região sul do Estado de Minas Gerais. Os autores realizaram uma regressão linear múltipla da produtividade como função da produtividade do ano anterior e índices de penalização hídrica e concluíram que tal modelo não apresentou resultados satisfatórios na previsão de produtividades, pois os erros relativos percentuais das estimativas foram discrepantes, havendo, também, tendências de superestimarem as produtividades.

Estes modelos matemáticos agrometeorológicos de estimativa de quebra de produtividade para o cafeeiro penalizam a produtividade por um só fator, o déficit hídrico, sendo que alguns modelos também incorporam a produção do ano anterior. Porém, o déficit hídrico não deve ser considerado isoladamente como fator de penalização, pois outros fatores como temperatura do ar, tanto máxima como mínima absoluta, afetam a produtividade da cultura. Estes modelos têm um fator limitante de aplicação, pois só são indicados para uma determinada região cafeeira, não devendo ser extrapolados para outras regiões, conforme CARVALHO et al. (2003).

O modelo agrometeorológico proposto por CAMARGO & CAMARGO (2001), o qual considera o somatório da evapotranspiração potencial, a partir de abril, igual a 350 mm para que as gemas florais completem a maturação e entrem em dormência, e a quantidade

mínima de chuva de 10 mm no decêndio, necessária para induzir à antese, apresentou boa capacidade de indicar o início do período da florada principal do café arábica, apresentando erros de estimativa inferiores a um decêndio.

SANTOS (2005) modificou, parametrizou e testou o modelo matemático agrometeorológico de monitoramento que visa estimar a quebra relativa de produtividade esperada do café desenvolvido por CAMARGO et al. (2003), para três níveis hierárquicos (planta, talhão e propriedade rural), alterando somente o coeficiente de penalização pelo fator bienalidade; tal modelo multiplicativo é composto por componentes fenológicos, hídricos e térmicos. Os testes indicaram que as produtividades estimadas pelo modelo proposto por CAMARGO et al. (2003), nos três níveis hierárquicos, possuem um bom grau de exatidão, mas com tendência a superestimar levemente as produtividades. O modelo matemático modificado e parametrizado por SANTOS (2005), que considera penalizações por déficit hídrico, adversidades térmicas e bienalidade, mostrou bom desempenho nas estimativas de quebra de produtividade do cafeeiro.

Contudo, para ser incorporado em modelos de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade, que necessitam desta informação fenológica, são necessários mais estudos para determinar com maior precisão os limites térmicos e hídricos para a maturação das gemas florais e a quebra da dormência para a antese (SANTOS, 2005).

CARVALHO et al. (2005), aplicaram a análise harmônica por séries de Fourier para a previsão de produtividade da cultura do café no Estado de Minas Gerais. Fizeram séries de produtividades representativas de cada município, das quais se extraíram os coeficientes até o sétimo harmônico, submetendo-os à regressão linear múltipla. O modelo mostrou-se inconsistente, apresentando erros das estimativas bastante discrepantes, evidenciando a complexidade de modelagem de previsão de safras para a cultura do café.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Dados Fenológicos de Café

Dados fenológicos e de produtividade do café *Coffea arabica* (L.) var. Mundo Novo e var. Catuaí, em fase adulta, foram obtidos e informatizados em nível de talhão, junto aos

arquivos dos Centros de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Café "Alcides Carvalho" e de Pesquisa e Desenvolvimento em Ecofisologia e Biofísica do IAC, de experimentos e observações realizados durante treze anos (1993 a 2005), em duas regiões agroecológicas do Estado de São Paulo, referentes aos municípios de Mococa e Campinas.

Da região de Mococa foram utilizados dados de duas áreas. A primeira, no Pólo Regional Nordeste Paulista da APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), a 21° 28'S de latitude, 47° 01'W de longitude e 665 m de altitude, os cafeeiros foram plantados na década de 1970, em uma área de 0,76 ha de Latossolo Vermelho Distrófico, com espaçamento médio de 3,5 x 2,0m (GALLO, 1995). A segunda área, na Fazenda Serra, a 21° 25'S, 46° 52'W e 827 m de altitude, onde os cafeeiros foram plantados entre 1970 a 1986, em uma área de 14,2 ha, com espaçamento médio de 3,8 x 2,5 m (FAHL et al., 2001).

Da região de Campinas foram utilizados dados de experimentos e observações desenvolvidos no Centro Experimental de Campinas do IAC, a 22°54'S de latitude, 47°05'W de longitude e 674 m de altitude, e na Fazenda Monte D'Este, localizada a 22º50'S de latitude, 46º55'W de longitude e 650 m de altitude. Os cafeeiros foram plantados entre 1970 e 1985, em Latossolo Vermelho Eutroférrico, com espaçamento médio de 3,3 m entre linhas e 2,0 m entre plantas.

Para ambas as regiões, consideraram-se datas do início da florada principal (plena), ou seja, quando as gemas florais maduras transformaram-se em flores, referentes ao período de 1993 a 2005. As adubações, tratos culturais e tratamentos fitossanitários foram os usualmente recomendados para a cultura comercial do café, sem aplicação de irrigação.

3.2 Dados Meteorológicos

Dados históricos diários de precipitação pluvial (mm) e temperaturas máximas e mínimas do ar (C°) foram obtidos junto aos arquivos do Centro de Ecofisologia e Biofísica do IAC, oriundos dos postos meteorológicos das Estações Experimentais de Campinas e Mococa, os quais foram consistidos e informatizados.

A temperatura do ar diária foi medida em abrigos meteorológicos padronizados segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), com termômetros de máxima utilizando mercúrio como sensor e os termômetros de mínima utilizam o álcool líquido

como sensor, ambos de vidro e instalados a 1,7m de altura. As médias diárias foram calculadas pela equação:

$$\text{Tmédia} = \frac{T\,\max + T\,\min}{2}$$

A precipitação pluvial diária foi medida em pluviômetros tipo Ville de Paris, instalados a uma altura de captação de 1,5m do solo.

3.3 Cálculo dos Balanços Hídricos

O cálculo do balanço hídrico seqüencial, para estimar a disponibilidade hídrica do solo, foi realizado pelo programa proposto por ROLIM et al. (1998), feito em planilhas no ambiente EXCEL^{TM}, baseado no método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), em escala decendial, considerando a capacidade máxima de água disponível (CAD) igual a 100 mm, pois atende a grande maioria dos solos das áreas cafeeiras do Estado de São Paulo (ALFONSI et. al., 1990; CAMARGO & PEREIRA, 1994).

O balanço hídrico seqüencial permite monitorar o armazenamento hídrico do solo, através do princípio de conservação de massas em um volume de solo vegetado (PEREIRA et al., 2002). Através dos balanços hídricos são gerados valores decendiais da demanda atmosférica, representada pela evapotranspiração potencial (ETp), que foi estimada pelo método de THORNTHWAITE (1948), em função da capacidade de água disponível no solo (CAD), sendo dada pela equação:

$$\text{ETp} = \text{ETpp}\ (\text{ND}/30)(\text{N}/12)$$

onde ETpp é a evapotranspiração potencial padrão (mm/mês), ou seja o total mensal de evapotranspiração que ocorreria em determinadas condições térmicas, para um mês padrão de 30 dias, em que cada dia teria 12 horas de fotoperíodo (THORNTHWAITE, 1948); ND o número de dias do mês em questão; e N é o fotoperíodo médio daquele mês.

Os balanços também fornecem a estimativa da evapotranspiração real (ETr), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico

(EXC). Desta maneira é gerado o déficit de ET relativa [1-ETr/ETp], que permite quantificar o estresse hídrico.

A representação gráfica do balanço hídrico foi feita através de extrato, segundo o método de CAMARGO & CAMARGO (1993), que utiliza apenas os valores de excedentes (valores positivos) e deficiências hídricas (valores negativos), permitindo uma melhor visualização da intensidade e duração dos períodos secos e úmidos.

A ETp é um elemento climatológico fundamental proposto por THORNTHWAITE (1948) para indicar a disponibilidade de energia solar na região, constitui assim, um índice de eficiência térmica da região, semelhante aos graus-dia (GD), porém sendo expressa em milímetros (mm) de evaporação equivalente (CAMARGO & CAMARGO, 2000). A ETp acumulada é muito utilizada na definição das disponibilidades térmicas, como nos trabalhos de zoneamento climático da aptidão agrícola e definição de fases fenológicas. Enquanto os valores da temperatura do ar e de graus-dia são expressos em graus, simples índices termométricos, a ETp é dada em milímetros de evaporação, equivalente a uma unidade física quantitativa (CAMARGO, 1962).

3.4 Cálculo dos Graus-dia

O conceito de graus-dia, proposto inicialmente por REAUMUR (1735), citado por PEREIRA et al. (2002), baseia-se no fato de que a taxa de desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionada à temperatura do meio. Para isso, pressupõe a existência de temperatura basal inferior, abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se o fizer, será a taxas reduzidas. O cálculo de GD é dado pela seguinte equação:

$$GD = \sum Tméd - Tb$$

em que Tméd é a temperatura média do ar (ºC), no decêndio, e Tb é a temperatura-base inferior, que para o cafeeiro é igual a 10 ºC, segundo CAMARGO & PEREIRA (1994).

3.5 Modelo Agrometeorológico

O modelo matemático fenológico-agrometeorológico de monitoramento e estimativa da quebra de produtividade do café, proposto por CAMARGO et al. (2003) e parametrizado por SANTOS (2005), pode ser dividido em diferentes componentes.

O componente matemático agrometeorológico considera diferentes índices de sensibilidade ao estresse hídrico (deficiência e excedente) e térmico (geada e altas temperaturas) em forma de penalização multiplicativa durante as fases fenológicas críticas da cultura cafeeira. O componente hídrico do modelo é baseado nos resultados do balanço hídrico seqüencial, a nível decendial (10 dias), que fornece a deficiência e o excedente hídricos. A deficiência hídrica é quantificada através do déficit de ET relativa [1-ETr/ETp], adaptado do modelo de DOORENBOS & KASSAN (1979), ajustados por diferentes fatores de sensibilidade da cultura (Ky) ao déficit hídrico acontecidos nas diferentes fases fenológicas na forma de produtório, da seguinte forma:

$$\Pi\left[1-\left(Ky\left(1-\frac{ETr}{ETp}\right)\right)\right]$$

onde ETr corresponde a evapotranspiração real (mm) e ETp correspondem a evapotranspiração potencial (mm), ky é o fator de resposta da cultura do café ao suprimento de água sobre a produtividade. A parametrização dos valores de ky foi obtida por SANTOS (2005) a partir de observações experimentais de acordo com a fenologia bienal do cafeeiro.

O componente térmico do modelo (CAMARGO et al., 2003) se baseia na ocorrência de temperaturas absolutas, sejam máximas (> 34°C) na época da florada ou mínimas representativas de geadas (< 2°C), ocorridas durante as fases fenológicas críticas e que interferem na produtividade da cultura. O fator de penalização por geada é considerado durante os meses de maio a setembro, e o fator temperatura máxima é considerado durante o período que compreende 30 dias após o pleno florescimento.

O componente fenológico, enfatizado neste trabalho, visa estimar a época de início da "plena floração" do cafeeiro arábica, válido para as condições tropicais brasileiras. Inicialmente, utilizou-se o valor acumulado de ETp, a partir do primeiro decêndio de abril,

igual a 350 mm para estimar a época (decêndio) em que as gemas florais completam a maturação e entram em dormência. Após essa acumulação, é necessária uma quantidade mínima de chuva igual a 10 mm para que as gemas maduras sejam induzidas à antese plena, conforme sugerido por CAMARGO & CAMARGO (2001). Considerou-se que a florada ocorre 10 dias fixos após as chuvas, segundo GOUVEIA (1984).

A fim de ajustar o modelo, consideraram-se outros valores acumulados de ETp iguais a 330, 335, 340, 345, 350, 355, 360 e 365 mm. Foram calculados, também, os valores correspondentes de GD. Após essas acumulações de ETp ou de GD, consideraram-se quantidades mínimas de chuva, necessárias para induzir a antese, de 1 a 10 mm, estimando a época de ocorrência da florada plena.

Para relacionar os valores acumulados de ETp com os de graus-dia, fez-se a análise de regressão pelo programa Curve Expert para estimar os valores de GD em função da ETp.

3.6 Análise Estatística

Para a avaliação das estimativas das floradas plenas, foram utilizadas análises de regressão linear relacionando as épocas de ocorrência das floradas estimadas com as floradas reais. Ao correlacionar valores estimados com os observados, consideraram-se indicadores estatísticos como o coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância "d" proposto por WILLMOT et al. (1985) e o índice de confiança "c" proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997).

A precisão é dada pelo coeficiente de determinação (R^2), que indica quanto a variação da variável dependente é explicada por aquela das variáveis independentes, isto é, o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média (o erro aleatório).

O índice "d", com variação entre 0 e 1, indica o grau de concordância ou exatidão entre os valores estimados e observados, sendo que quando mais próximo de 1, melhor a exatidão do desempenho do modelo em prever a variável dependente. O índice é dado pela seguinte expressão:

$$d = 1 - \left[\sum_{i=1}^{N} (Pi - Oi)^2 / \sum_{i=1}^{N} (|Pi - O| + |Oi - O|)^2 \right]$$

onde Pi é o valor estimado, Oi o valor observado e O a média dos valores observados. O coeficiente "d" é mais consistente que o R^2, com relação a valores extremos, medindo com mais eficiência se os valores estão próximos da reta 1:1 em um gráfico de dispersão entre dados estimados e observados.

O índice de confiança "c" indica o desempenho do modelo, reunindo os índices de precisão e exatidão, sendo expresso por:

$$c = R^2 * d$$

O critério adotado para interpretar o desempenho pelo índice "c", segundo CAMARGO & SENTELHAS (1997), é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Critério de interpretação do desempenho dos modelos de estimativa do início da florada plena do cafeeiro.

Valor de "c"	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
< 0,40	Péssimo

Para analisar as interações entre as variáveis dependentes (início do florescimento) e independentes (chuva e ETp), e encontrar a reposta ótima dentre as diversas combinações de fatores, utilizou-se gráficos de superfície de resposta. No caso da curva de resposta, a representação gráfica foi do tipo cartesiano tridimensional nos eixos X, Y e Z, e o gráfico de contornos, feitos através do programa STATISTICA 6.0. Segundo CONAGIN et al. (2006), o objetivo da determinação da superfície de resposta é estabelecer analiticamente uma relação funcional entre a variável resposta e as variáveis independentes (fatores), envolvidas no processo. Em função dos resultados, a equação obtida possibilita também uma representação gráfica para melhor visualização dos resultados.

As equações representadas graficamente como superfícies de resposta podem ser usadas de três formas: (i) descrever como as variáveis em teste afetam as respostas; (ii) para

determinar as inter-relações entre as variáveis em teste; e (iii) para descrever efeitos combinados de todas as variáveis em teste sobre a resposta (MONTGOMERY, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições Climatológicas Normais para Campinas e Mococa

As condições termopluviométricas normais da região de Campinas e Mococa, SP, estão apresentadas nas Figuras 2 e 3. Fazendo-se uma associação desses dados com os estádios fenológicos que compõem o ciclo do cafeeiro (Figura 1), verifica-se que os climas dessas duas localidades são considerados aptos à cultura do café.

O período chuvoso, para Campinas e Mococa, está compreendido, normalmente, entre os meses de outubro a março, ocasionando um excedente hídrico, como indica os extratos dos balanços hídricos (Figuras 2 e 3), coincidindo com os estádios de florescimento e formação dos grãos, e com o crescimento vegetativo, ou seja, épocas em que o cafeeiro é mais sensível ao déficit hídrico.

A partir de abril, normalmente há uma diminuição da freqüência das chuvas nessas regiões, iniciando o período seco, principalmente entre os meses de julho a setembro. O total de deficiência hídrica obtido pela média de 1961 a 1990 (normal climatológica) foi de 14 e 48 mm anuais, para Campinas e Mococa, respectivamente (Figuras 2 e 3) não necessitando de irrigação, pois o cafeeiro suporta até 150 mm anuais de deficiência. Nesta época, a dormência das gemas florais é favorecida por essa falta de água, gerando um estresse hídrico na planta para que ela floresça com as primeiras chuvas a partir de setembro. A seca no período de maturação dos frutos e colheita, que vai de abril a agosto (Figura 1), também é benéfica, pois dará grãos de boa qualidade.

Para Campinas, observa-se que, normalmente as médias das temperaturas máximas apresentam valores entre 28 º e 30 ºC, e para Mococa, entre 29 º e 30 ºC, nos meses de setembro a março. Como o estádio fenológico do florescimento normalmente ocorre entre os meses de setembro e outubro, temperaturas máximas superiores a 34°C ocorridas nesse período podem provocar o abortamento do botão floral com surgimento de “estrelinhas” (SANTOS, 2005).

As temperaturas mínimas apresentam, normalmente, valores médios entre 12º e 16ºC, para Campinas, e de 12º a 17ºC, para Mococa, de abril a agosto. Levando em conta que temperaturas do ar iguais ou inferiores a 2°C implicam a formação de geadas de radiação (SEDIYAMA et al., 1999), de acordo com as condições normais, essas regiões não estão potencialmente sujeitas a esse risco.

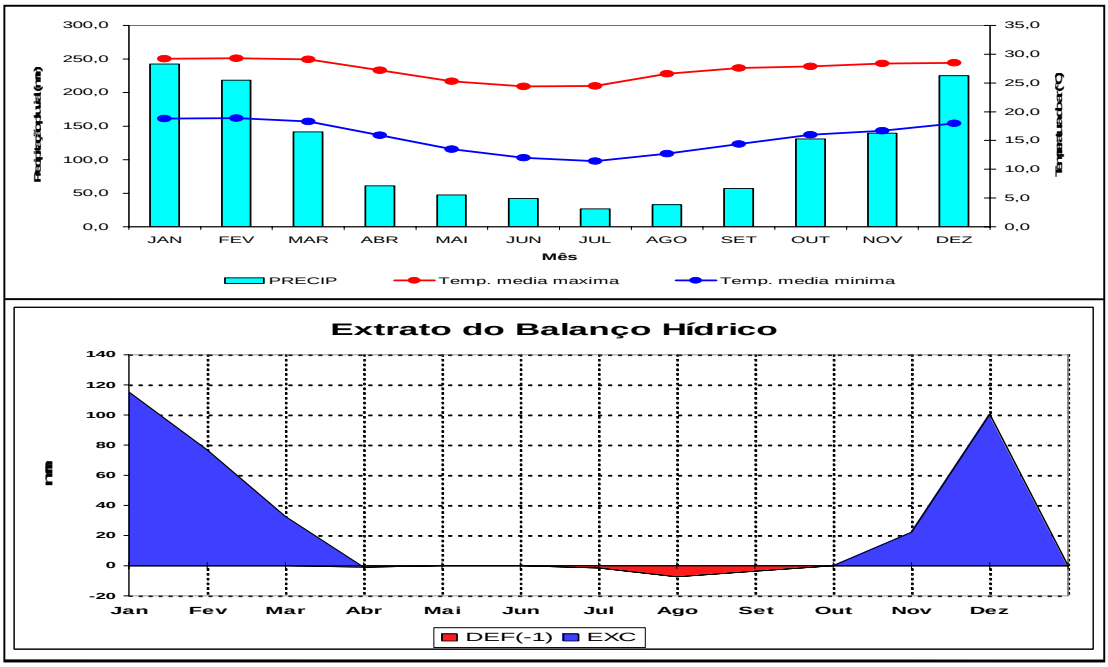

Figura 2 – Condições termopluviométricas normais e extrato do balanço hídrico normal da região de Campinas, SP (1961/90).

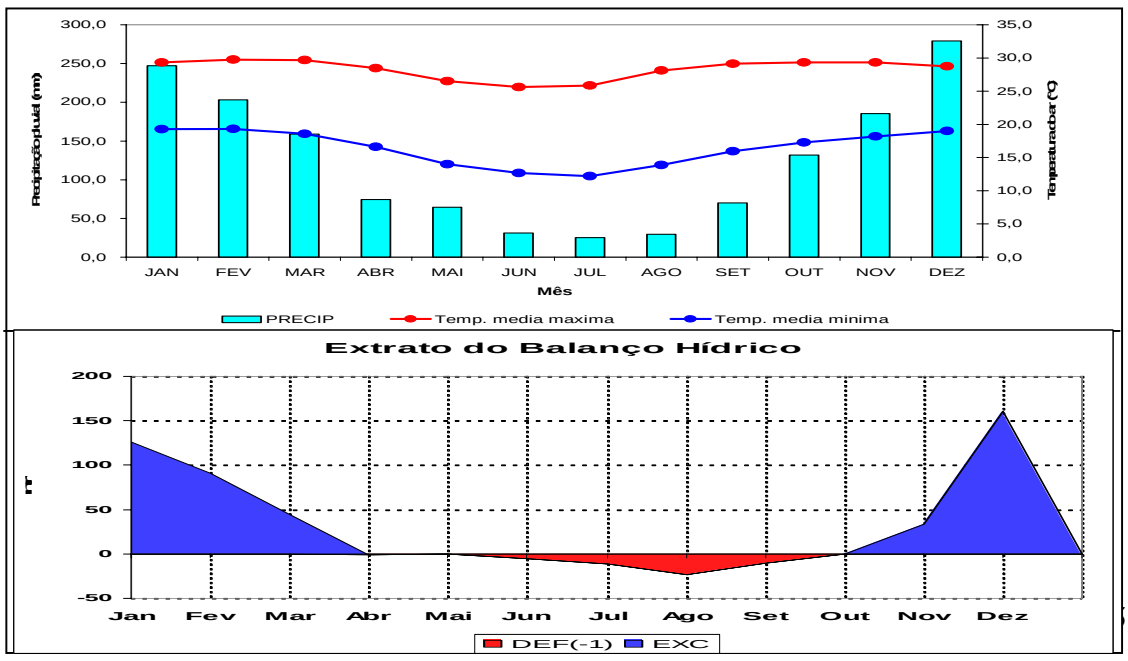

Figura 3 – Condições termopluviométricas normais e extrato do balanço hídrico normal da região de Mococa, SP (1961/90).

4.2 Estimativa da Ocorrência da Florada Plena pelo Modelo Original de CAMARGO & CAMARGO (2001)

A tabela 2 mostra os erros de estimativa de ocorrência da florada plena do cafeeiro arábica, segundo o método proposto por CAMARGO & CAMARGO (2001), para Campinas e Mococa, no período de 1993 a 2005, considerando que as gemas florais completam a maturação quando o somatório da ETp, a partir de abril, atinge cerca de 350 mm, sendo necessária uma quantidade mínima de chuva de 10 mm para induzir a antese.

Para Campinas, verificou-se um total de erros de estimativa por ano igual a 8, isto é, comparando a florada real e a estimada pelo modelo, num período de 13 anos, houve coincidências em apenas 5 anos, com desvios (erros) de até 2 decêndios em alguns anos. Por exemplo, em 1994, a florada ocorreu no segundo decêndio de outubro (O2), entretanto, o modelo estimou que a florada ocorreu no primeiro decêndio de novembro (N1).

Em Mococa, o total de erros de estimativa por ano foi 6, ou seja, o modelo acertou 7 épocas de florada neste período, entretanto, há erros de até 3 decêndios, como em 2003 (Tabela 2). Nesse mesmo ano, a florada real ocorreu no primeiro decêndio de setembro (S1), mas pelo modelo, ela ocorreu no primeiro decêndio de outubro (O1).

Apesar dessas regiões apresentarem totais de erros por ano diferentes, as somas de erros em número de decêndios são muito próximas, sendo 10 para Campinas e 9 para Mococa (Tabela 2). Esses resultados reforçam a necessidade da parametrização do modelo considerando outros valores de ETp e chuva, necessários para estimar com mais precisão a época de florescimento do cafeeiro arábica, nas condições tropicais do Estado de São Paulo.

Tabela 2 – Número de erros por ano e soma de erros (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, para as regiões de Campinas e Mococa, SP, pelo modelo fenológico proposto por CAMARGO & CAMARGO (2001), nos anos de 1993 a 2005.

Região	Ano	Nº de Erros/Ano	Soma de Erros (nº de decêndios)
Campinas	1993	1	1
	1994	1	2
	1995	0	0
	1996	1	1
	1997	0	0
	1998	1	1
	1999	1	1
	2000	1	1
	2001	1	2
	2002	1	1
	2003	0	0
	2004	0	0
	2005	0	0
	Total	**8**	**10**
Mococa	1993	1	1
	1994	0	0
	1995	0	0
	1996	0	0
	1997	1	1
	1998	1	1
	1999	0	0
	2000	1	1
	2001	1	2
	2002	0	0
	2003	1	3
	2004	0	0
	2005	0	0
	Total	**6**	**9**

4.3 Acumulação de ETp durante a Maturação das Gemas Florais

Nas tabela 3 e 4 são apresentados os somatórios de ETp, do início de abril (A1) até o acumulado no final de outubro(O3), em nível decendial, para Campinas e Mococa, respectivamente. Observa-se que, para Campinas, a maior acumulação de ETp foi em 2002, atingindo 567 mm no terceiro decêndio de outubro, indicando que foi um ano mais quente, ao considerar o período de 1993 a 2005 (Tabela 3). Conforme o anexo 5, que apresenta o

resultado do balanço hídrico decendial para Campinas, de abril a outubro de 2002, a maior temperatura média foi 27,9 ºC, no segundo decêndio de outubro (O2), e a menor foi 17,0 ºC, no segundo decêndio de julho (J2), com uma média geral nesse intervalo igual a 22,2 ºC.

Já 1999 foi um ano mais frio, tendo acumulado 493 mm de ETp em O3 (Tabela 3), indicando que a maturação da gema floral tenha sido mais tardia do que em 2002. A maior temperatura média em 1999, de abril a outubro, foi 24,8 ºC, em A1, e a menor 17,5 ºC no terceiro decêndio de maio (M3) e de junho (J3), apresentando uma média geral de 20,0 ºC (Anexo 4).

Para a região de Mococa, o ano de 2002 também foi o mais quente, apresentado, no final de outubro, uma acumulação de ETp igual a 614 mm, enquanto a menor foi em 1993, igual a 535 mm (Tabela 4). A média de temperatura entre abril e outubro de 2002 foi de 22,9 ºC e em 1993 foi de 20,9 ºC (Anexos 8 e 12).

A ETp média acumulada em O3, em Campinas, é de 517 mm e, em Mococa, de 561 mm, mostrando que esta última é mais quente, como apresentam as condições termopluviométricas normais (Figuras 2 e 3), sugerindo que as gemas florais completam a maturação mais precocemente nesta região.

Considerando que seja necessário acumular 350 mm de ETp, a partir de abril, para que as gemas florais completem a maturação e entrem em dormência, em Campinas, isso ocorre no primeiro decêndio de setembro (S1), de acordo com a tabela 3, e em Mococa, do terceiro decêndio de agosto ao primeiro decêndio de setembro (Tabela 4). Como as chuvas mais significativas para quebrar a dormência se iniciam, normalmente, em setembro, para as duas regiões (Figuras 2 e 3), tem uma concentração da florada plena de S1 a S3.

Tabela 3 – Valores acumulados de ETp (mm), a partir de abril, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005.

DEC	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	27	25	28	33	26	25	31	28	30	30	27	29	36	29
A2	55	52	53	59	52	54	54	56	57	63	52	57	66	56
A3	82	80	79	84	77	81	78	80	87	94	82	83	91	83
M1	104	103	100	104	99	99	99	102	108	116	101	103	112	104
M2	123	122	120	124	119	118	117	121	125	139	122	121	135	124
M3	144	145	141	145	138	140	136	141	147	159	142	141	157	144
J1	161	162	157	161	151	156	152	158	166	178	162	156	176	161
J2	176	179	174	178	167	172	168	177	183	197	180	171	194	178
J3	192	192	191	195	185	188	184	194	198	215	197	189	210	195
J1	212	209	209	213	204	206	201	213	216	232	215	208	227	213
J2	229	226	228	228	222	222	220	227	234	248	233	225	242	230
J3	248	247	249	245	241	244	241	245	254	269	255	241	263	249
A1	268	267	272	266	261	265	261	266	276	293	277	261	284	271
A2	287	289	296	287	283	291	281	287	299	318	296	282	308	292
A3	310	315	324	314	308	318	307	313	324	345	320	309	341	319
S1	339	342	352	339	339	345	338	337	355	370	348	342	366	347
S2	364	372	380	365	366	376	364	367	380	400	374	371	394	375
S3	391	405	407	394	395	403	391	395	408	427	407	407	419	404
O1	424	447	444	428	429	437	422	432	440	469	446	436	457	439
O2	463	493	476	462	466	469	457	478	475	520	479	470	495	477
O3	503	533	511	501	505	507	493	522	514	567	519	507	537	517

Tabela 4 – Valores acumulados de ETp (mm), a partir de abril, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005.

DEC	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	29	27	29	34	28	29	31	29	31	31	29	31	35	30
A2	58	56	56	62	54	58	57	59	61	65	56	61	66	59
A3	85	85	83	87	81	85	82	84	90	96	86	88	93	87
M1	107	108	106	109	103	105	104	109	112	120	105	109	114	109
M2	128	129	128	130	125	127	123	129	131	144	126	129	138	130
M3	148	154	150	151	146	150	145	151	155	165	148	151	161	152
J1	167	172	168	168	161	167	163	170	175	185	169	168	180	170
J2	183	191	188	186	179	185	182	190	194	206	189	185	200	189
J3	200	206	206	204	199	204	199	209	210	225	206	204	218	207
J1	220	224	227	224	219	223	220	229	230	243	226	224	234	226
J2	239	242	248	241	239	239	240	245	251	261	245	242	248	245
J3	260	266	270	261	259	263	264	265	273	285	267	259	270	266
A1	282	288	296	283	281	286	287	289	297	311	290	281	290	289
A2	302	310	323	307	305	315	309	312	321	339	313	301	313	313
A3	328	339	353	336	333	344	337	340	351	368	339	331	350	342
S1	360	370	383	364	363	374	374	367	384	395	369	365	380	373
S2	388	404	417	392	397	414	404	401	411	430	398	397	412	405
S3	418	441	449	426	431	444	433	432	442	458	436	440	439	438
O1	453	484	489	462	470	480	469	475	477	508	478	471	481	477
O2	492	531	522	500	513	516	511	528	513	560	514	508	526	518
O3	535	574	559	541	556	556	551	580	554	614	558	546	569	561

4.4 Relação entre Valores Acumulados de ETp e de Graus-dia

Ao relacionar os valores acumulados de ETp, calculados pelos balanços hídricos de 1993 a 2005 (Anexos 1 a 14), com os valores correspondentes de graus-dia, calculados conjuntamente considerando valores de temperaturas médias decendiais (Anexos 1 a 14), das regiões de Campinas e Mococa, obteve-se uma equação polinomial de 4º grau, resultando em um R^2 de 0, 997 (Figura 4). Estes resultados indicam que essas duas variáveis têm uma alta correlação, sugerindo que ambas podem ser usadas para estimar a época de maturação das gemas florais.

Na tabela 5 são apresentados os valores correspondentes das duas variáveis estimados pela seguinte equação polinomial de 4º grau gerada pela análise de regressão:

$$Y = 1{,}186 \times 10^{-8} X^4 - 1{,}781 \times 10^{-5} X^3 + 0{,}007 X^2 + 3{,}903 X$$

onde Y é graus-dia (ºC) e X é o valor acumulado de ETp (mm).

Tabela 5 – Valores de Graus-dia estimados pela análise de regressão em função de valores de ETp acumulados.

ETP acumulada	Graus-dia
—— mm ——	—— ºC ——
330	1557
335	1579
340	1601
345	1623
350	1644
355	1666
360	1687
365	1709

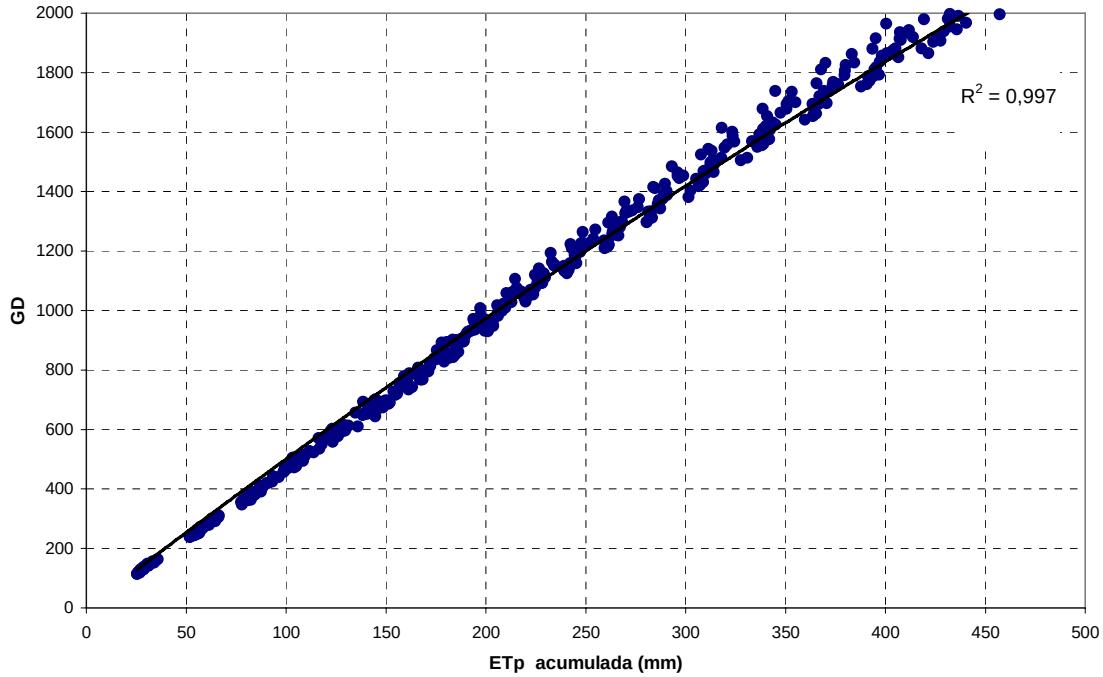

Figura 4 - Relação entre valores acumulados de ETp (mm) e Graus-dia (ºC), para as regiões de Campinas e Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005.

4.5 Análise das Interações de Valores de ETp e de GD com Diferentes Valores de Precipitação Pluvial

4.5.1 Campinas

Com o intuito de se estimar com maior consistência a época de ocorrência das floradas plenas do cafeeiro arábica, utilizam-se diferentes valores de ETp (330 a 365 mm) e de chuva (1 a 10 mm). Para a região de Campinas, foram obtidos erros de estimava, em número de decêndios, que estão apresentados nas tabelas 6 e 7. Verifica-se que os menores erros foram obtidos para valores de ETp acumulados de 330 e 335 mm, e quantidade mínima de chuva de 1 a 3 mm. Estas combinações levaram a desvios (erros) em apenas 2 anos (2001 e 2005), com erros de estimativa iguais a 2 e 1 decêndio, respectivamente (Tabela 6). Pode-se observar um aumento do total e da soma de erros à medida que se considera um maior valor de ETp (340 a 365 mm) e uma maior quantidade de chuva

mínima (5 a 10 mm), necessária para quebrar a dormência das gemas florais maduras e induzir a florada (Tabela 7).

Para as outras combinações de valores de ETp e chuva, ocorreram aumentos dos totais de erros, de 6 a 13 decêndios.

Tabela 6 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados, a partir de abril, iguais a 330, 335, 340 e 345 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	ETP 330 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**
Soma	3	3	3	4	4	4	4	6	6	6

Ano	ETP 340 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**6**	**6**	**6**
Soma	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8

Ano	ETP 335 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**
Soma	3	3	3	4	4	4	4	6	6	6

Ano	ETP 345 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**6**	**6**	**6**
Soma	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8

Tabela 7 - Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados, a partir de abril, iguais a 350, 355, 360 e 365 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	ETP 350 mm – Precipitação (mm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8
Soma	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10

Ano	ETP 360 mm – Precipitação (mm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8
Soma	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10

Ano	ETP 355 mm – Precipitação (mm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8
Soma	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10

Ano	ETP 365 mm – Precipitação (mm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1993	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1994	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8
Soma	11	11	11	11	11	11	11	13	13	13

Esses resultados podem ser melhor observados no gráfico de superfície de resposta e de contornos (Figura 5). Observa-se que quanto maior o valor de ETp maior é o total de erros, ou seja, apresenta desvio maior (área vermelha), não variando muito em relação ao aumento da precipitação pluvial. Já a área verde representa os melhores resultados, com menores valores de total de erros entre 330 e 335 mm.

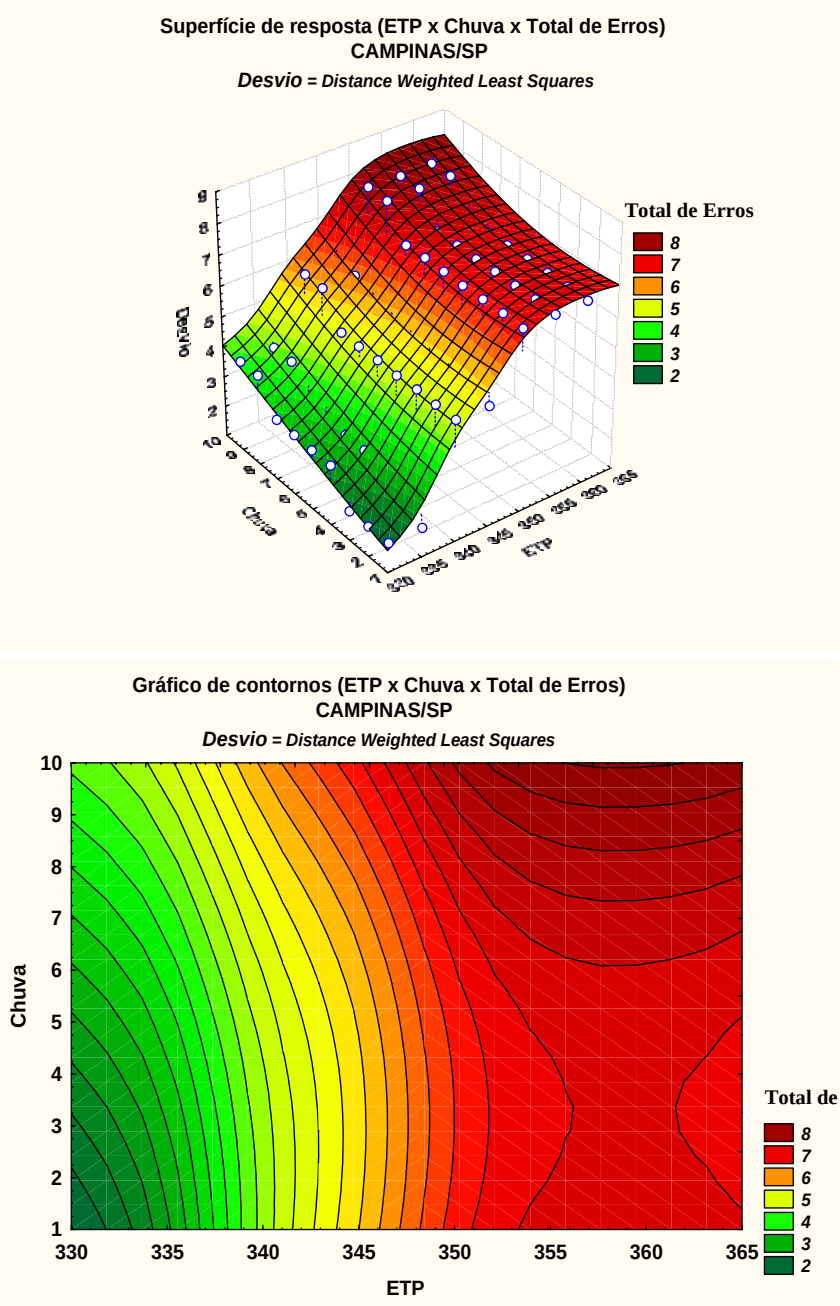

Figura 5 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de ETp acumulados (mm) e de precipitação pluvial (mm), para a região de Campinas, SP, nos anos de 1993 a 2005.

Nas tabelas 8 e 9 são apresentados os erros de estimativa da florada, para Campinas, considerando os valores de GD de 1557 a 1709, equivalentes aos valores de ETp acumulados (Tabela 5), e precipitações pluviais de 1 a 10 mm. Observa-se comportamento semelhante ao da acumulação de ETp a partir de abril, valores necessários para que as gemas florais atinjam a maturação, comprovando a alta relação entre essas duas variáveis.

Para acumulação de GD igual 1557 e valores de chuvas de 1 a 3 mm, obtiveram-se os menores erros de estimativa, com total e soma de erros de apenas a 1, falhando a estimava da florada apenas em um decêndio, no ano de 2005 (Tabela 8).

Tabela 8 – Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1557, 1579, 1601 e 1623 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	GD 1557 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**
Soma	1	1	1	2	2	2	3	4	4	4

Ano	GD 1601 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**7**	**7**	**7**	**7**
Soma	7	7	7	7	7	7	8	9	9	9

Ano	GD 1579 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	**5**	**5**	**5**	**6**	**6**	**6**	**7**	**7**	**7**	**7**
Soma	6	6	6	7	7	7	8	9	9	9

Ano	GD 1623 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**7**	**7**	**7**	**7**
Soma	7	7	7	7	7	7	8	9	9	9

Tabela 9 – Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1644, 1666, 1687 e 1709 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Campinas (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	GD 1644 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	**7**	**7**	**7**	**7**	**7**	**7**	**8**	**8**	**8**	**8**
Soma	8	8	8	8	8	8	9	10	10	10

Ano	GD 1687 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**7**	**7**	**7**	**7**
Soma	11	11	11	11	11	11	12	13	14	14

Ano	GD 1666 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**7**	**7**	**7**	**7**
Soma	10	10	10	10	10	10	11	12	13	13

Ano	GD 1709 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1994	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1997	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1998	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**7**	**7**	**7**	**7**
Soma	11	11	11	11	11	11	12	13	14	14

Os erros de estimativa também foram maiores à medida que se aumentou o valor acumulado de GD. O valor de GD acumulado de 1644 ºC, equivalente a 350 mm de ETp, sugerido por CAMARGO & CAMARGO (2001) como o necessário para que o botão floral atingisse a maturidade e um mínimo de 10 mm de chuva, apresentou erros significativos, com um total de 8 estimativas incorretas e desvios de até dois decêndios (Tabela 9).

Observa-se, também, uma soma de erros maior quando se considera GD, em relação a ETp (Tabelas 6 a 9), apresentando desvios de até três decêndios, como ocorreu para os valores de GD de 1666, 1687 e 1709 ºC com chuvas de 1 a 10 mm (Tabela 9). Isso ocorreu porque ETp considera a acumulação térmica e o comprimento do dia, enquanto graus-dia considera somente a acumulação da média das temperaturas máxima e mínima do ar,

podendo ser menos confiável, apresentado mais falhas na estimativa da época de maturação das gemas florais.

A representação gráfica do total de erros de estimativa para as combinações de GD e chuva, para Campinas, é apresentada pelo gráfico de superfície de resposta e de contornos (Figura 6).

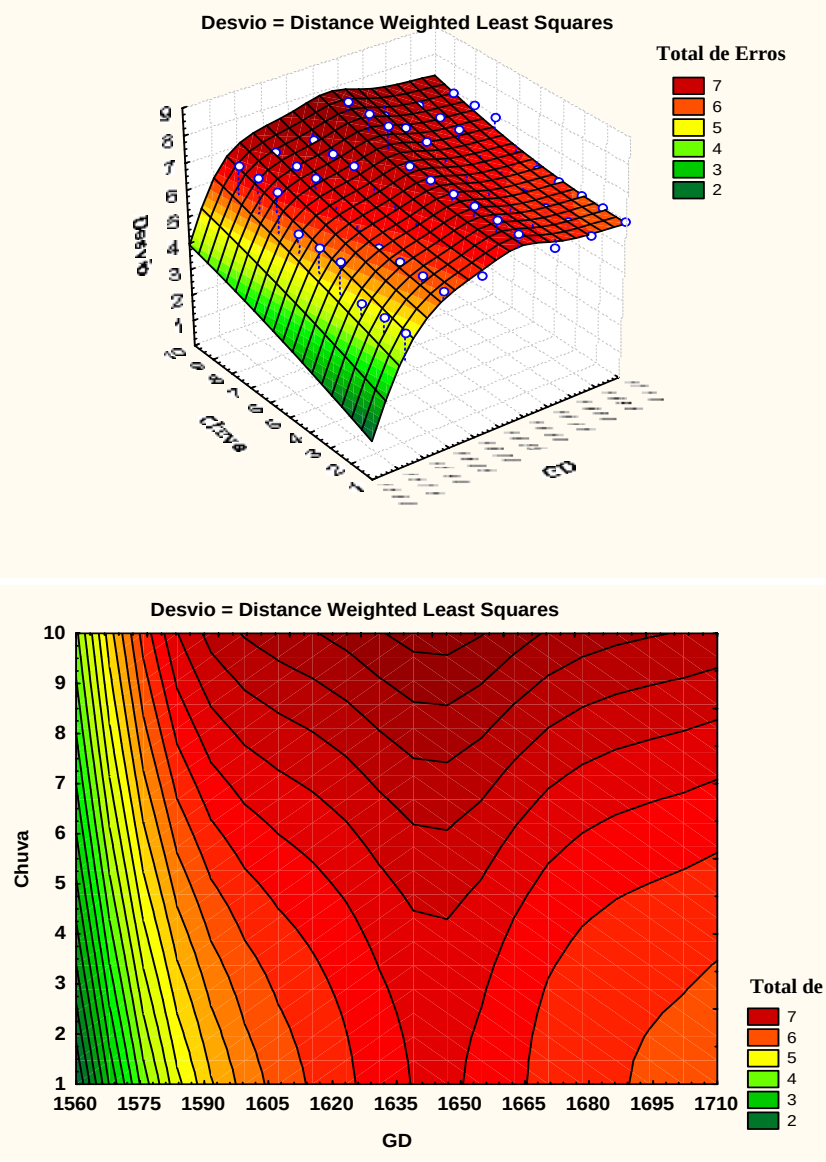

Figura 6 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de Graus-dia (GD) acumulados e de precipitação pluvial (mm), para a região de Campinas, SP, nos anos de 1993 a 2005.

4.5.2 Mococa

Para estimar a época de ocorrência das floradas plenas do cafeeiro arábica na região de Mococa, consideraram-se os mesmos valores de ETp e de chuva de Campinas, obtendo-se erros de estimava, em número de decêndios, que estão apresentados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10 – Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, iguais a 330, 335, 340 e 345 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	ETP 330 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**4**	**4**	**4**	**4**	**3**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**
Soma	6	6	5	5	4	3	3	3	4	4

Ano	ETP 340 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**
Soma	5	5	4	4	4	3	3	3	4	4

Ano	ETP 335 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**4**	**4**	**4**	**4**	**3**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**
Soma	6	6	5	5	4	3	3	3	4	4

Ano	ETP 345 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**5**	**5**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**6**
Soma	7	7	7	6	6	6	6	6	7	9

Observam-se menores erros de estimativa para valores de ETp entre 330 e 340 mm, considerando quantidades mínimas de chuva de 6 a 8 mm, como indica na tabela 10. Ao

contrário de Campinas, que indica uma quantidade de chuva de 1 a 3 mm (Tabela 6), para quebrar a dormência, a região de Mococa apresenta uma quantidade maior.

Quando se considera ETp igual a 345 e 350 mm e precipitação mínima de 10 mm, obtêm-se os maiores erros, com total de 6 erros de estimativa e desvios de até 3 decêndios da florada real para a estimada pelo modelo, como ocorreu no ano de 2003 (Tabelas 10 e 11).

Tabela 11 – Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, iguais a 350, 355, 360 e 365 mm, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	ETP 350 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**5**	**5**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**6**
Soma	7	7	7	6	6	6	6	6	7	9

Ano	ETP 360 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**4**	**4**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**	**5**
Soma	5	5	5	4	4	4	4	4	5	7

Ano	ETP 355 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**4**	**4**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**	**5**
Soma	5	5	5	4	4	4	4	4	5	7

Ano	ETP 365 mm – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**6**	**5**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**6**
Soma	7	6	6	5	5	5	5	5	6	8

A representação gráfica dos totais de erros de estimativa é apresentada na figura 7.

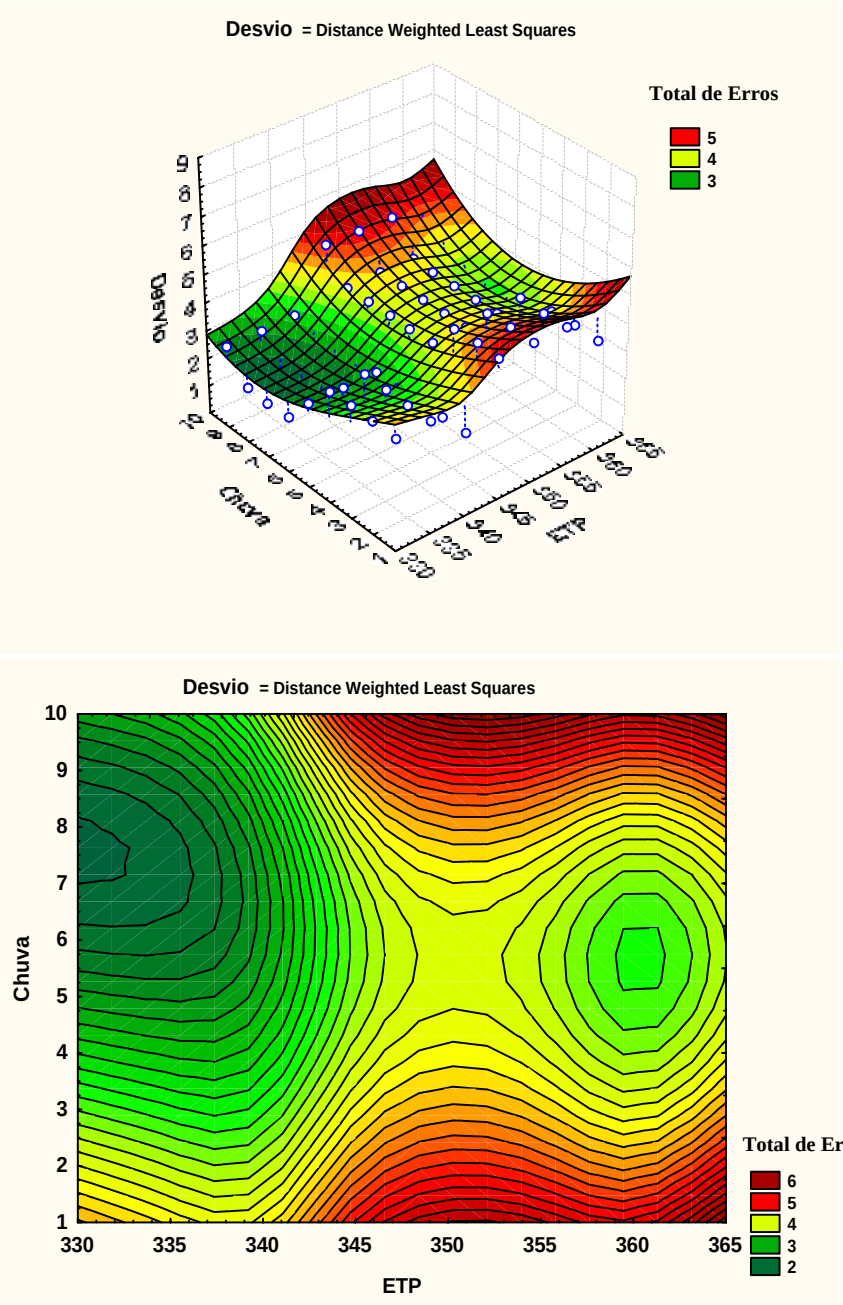

Figura 7 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de ETp acumulados (mm) e de precipitação pluvial (mm), para a região de Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005.

Observa-se que os melhores resultados (área verde escuro), são para as interações de menores valores de ETp e maiores quantidades de chuva mínima, nos quais as floradas estimadas foram bem próximas das floradas reais, com erros de no máximo 2 decêndios. Há, também, uma melhora da estimativa para a combinação de ETp em torno de 360 mm e precipitação entre 5 e 7 mm.

Quando se consideraram valores de GD para estimar a florada, obtiveram-se resultados semelhantes aos de ETp (Tabelas 12 e 13). Os totais de erros menores foram para 1557, 1579 e 1601 graus-dia, com chuvas entre 6 e 8 mm, com erros de estimativa em apenas 2 anos no período analisado, como indica na tabela 12.

Tabela 12 – Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1557, 1579, 1601 e 1623 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	GD 1557 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**
Soma	5	5	4	4	4	3	3	3	4	4

Ano	GD 1601 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3
Soma	5	5	4	4	4	3	3	3	4	4

Ano	GD 1579 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**
Soma	5	5	4	4	4	3	3	3	4	4

Ano	GD 1623 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**4**	**4**	**4**	**5**	**5**
Soma	8	8	7	7	7	6	6	6	7	8

Os maiores erros totais acontecem quando se consideram os valores de 1666 e 1687 graus-dia, tanto para precipitações menores (1 a 3 mm), como maiores (9 e 10 mm), estimando com menos precisão a época do início da florada plena.

Tabela 13 – Erros de estimativa (nº de decêndios) do início da plena floração do cafeeiro arábica, considerando valores de Graus-dia acumulados, a partir de abril, iguais a 1644, 1666, 1687 e 1709 ºC, e precipitação pluvial de 1 a 10 mm, para a região de Mococa (SP), nos anos de 1993 a 2005.

Ano	GD 1644 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**6**	**5**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**6**
Soma	8	7	7	6	6	6	6	6	7	9

Ano	GD 1666 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**7**	**6**	**6**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**6**	**7**
Soma	9	8	8	7	7	7	7	7	8	10

Ano	GD 1687 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**7**	**6**	**6**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**6**	**7**
Soma	9	8	8	7	7	7	7	7	8	10

Ano	GD 1709 – Precipitação (mm)									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1998	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**6**	**5**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**6**
Soma	7	6	6	5	5	5	5	5	6	8

Esses resultados também são apresentados nos gráficos de superfície de resposta e de contornos (Figura 8). Observa-se que os menores desvios são para os valores acumulados de GD entre 1560 e 1600 ºC e chuvas entre 5 e 8 mm (área verde escuro), com totais de erros de no máximo 3 decêndios.

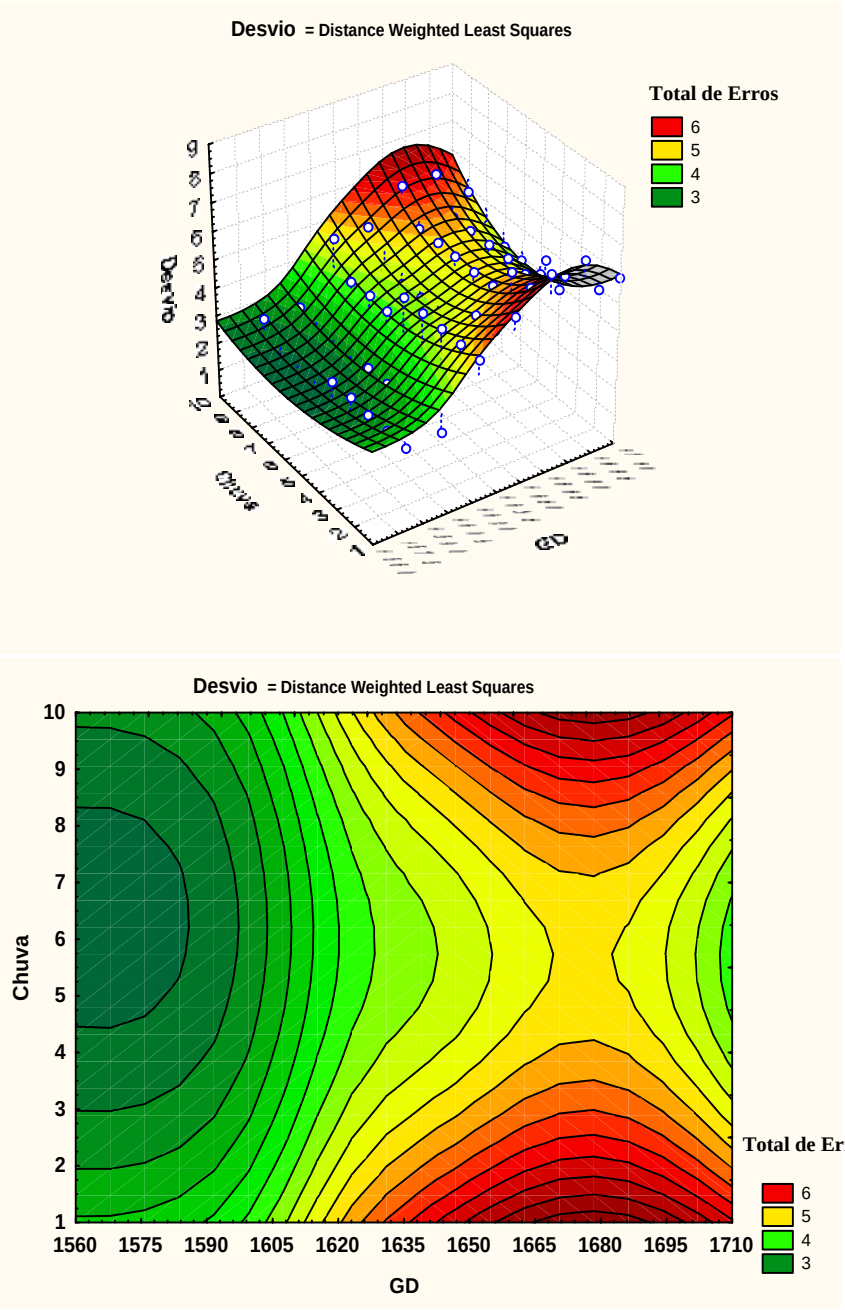

Figura 8 - Total de erros de estimativa (desvios) da florada plena do cafeeiro arábica, em função das combinações de diferentes valores de Graus-dia (GD) acumulados e de precipitação pluvial (mm), para a região de Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005.

Para as demais combinações de valores de GD e chuva, o total de erros é maior, sendo de 5 a 7 decêndios. Verifica-se uma redução dos desvios quando os valores acumulados de GD estão em torno de 1700 a 1710 ºC e chuvas entre 4 e 7 mm. Resultados semelhantes também foram verificados para os valores de ETp acumulados, apresentados anteriormente (Figura 7).

4.6 Análise Conjunta dos Resultados Estatísticos para Campinas e Mococa

Ao se analisarem todas as combinações de valores de ETp acumulados e de precipitação pluvial, tanto para a região de Campinas como para Mococa, selecionaram-se aquelas que obtiveram os melhores índices estatísticos, e os resultados estão apresentados na tabela 14.

Tabela 14 - Resultados estatísticos da análise da estimativa da florada plena para Campinas e Mococa, SP, em função das combinações de valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, e de precipitação pluvial (mm).

Região	ETp (mm)	Precipitação (mm)	d	R^2	c
Campinas	330	3	0,90	0,66	0,60
	335	1	0,90	0,66	0,60
	335	2	0,90	0,66	0,60
	335	3	0,90	0,66	0,60
	330	8	0,87	0,69	0,60
	330	9	0,87	0,69	0,60
	330	10	0,87	0,69	0,60
	335	8	0,87	0,69	0,60
	335	9	0,87	0,69	0,60
	335	10	0,87	0,69	0,60
Mococa	340	10	0,92	0,72	0,66
	330	6	0,93	0,75	0,70
	330	7	0,93	0,75	0,70
	330	8	0,93	0,75	0,70
	335	6	0,93	0,75	0,70
	335	7	0,93	0,75	0,70
	335	8	0,93	0,75	0,70
	340	6	0,93	0,75	0,70
	340	7	0,93	0,75	0,70
	340	8	0,93	0,75	0,70
Média	**335**	**7**	**0,91**	**0,71**	**0,65**

d: índice "d" de concordância de Willmott; **R^2:** coeficiente de determinação; **c:** índice "c" de confiança.

Verifica-se que, para Campinas, os maiores índices estatísticos consideraram valores acumulados de ETp entre 330 e 335 mm, e chuvas variando de 1 a 10 mm. Os valores do índice "d" foram elevados, entre 0,87 e 0,90, indicando uma boa exatidão do modelo em prever o início da florada plena do cafeeiro para esta região. Os valores de R^2 variaram de 0,66 a 0,69, indicando uma pequena dispersão dos dados obtidos em relação à média. Levando-se em consideração apenas o índice "c", observa-se que não ocorreu variação estatística entre essas combinações, sendo igual a 0,60, que segundo CAMARGO & SENTELHAS (1997), indica um desempenho "mediano" do modelo (Tabela 1).

Para Mococa, observaram-se melhores resultados para os valores de ETp acumulados entre 330 a 340 mm, e chuvas de 6 a 10 mm. Os valores do índice "c" de confiança foram mais elevados para esta região do que para Campinas, sendo igual a 0,70, indicando um bom desempenho do modelo (CAMARGO & SENTELHAS, 1997). Os índices "d" e R^2 também foram mais elevados, 0, 93 e 0,75 respectivamente, indicando boa precisão e exatidão do desempenho do modelo em estimar o início da florada plena (Tabela 14).

Considerando-se a média dos resultados estatísticos de Campinas e Mococa, obtiveram-se os valores de 335 mm de ETp acumulado, a partir de abril, e chuva mínima de 7 mm como a melhor interação do modelo fenológico para se estimar a época de ocorrência da florada plena do cafeeiro, para as condições tropicais do Estado de São Paulo, como é apresentado na tabela 14. Estes valores se diferem dos sugeridos por CAMARGO & CAMARGO (2001), que consideraram o valor de ETp em torno de 350 mm e chuva mínima de 10 mm, para a indução da antese. Contudo, PORTÉRES (1946) citado por DAMATTA & RENA (2002) afirmou que 5 a 10 mm de chuva são suficientes para quebrar a dormência das gemas florais, semelhante ao valor de 7 mm aqui observado.

A representação gráfica dos índices estatísticos "d", R^2 e "c", de todas as combinações de valores acumulados de ETp com os de chuva, necessários para que ocorra a florada, é apresentada na figura 9 e estão descritas no Anexo 15. Ao analisar conjuntamente as regiões de Campinas e Mococa, nota-se que os melhores resultados estatísticos são para os valores de ETp de 330 a 340 mm e chuvas entre 6 e 8 mm, referentes a Mococa, com índice "c" igual a 0,70 (Anexo 15).

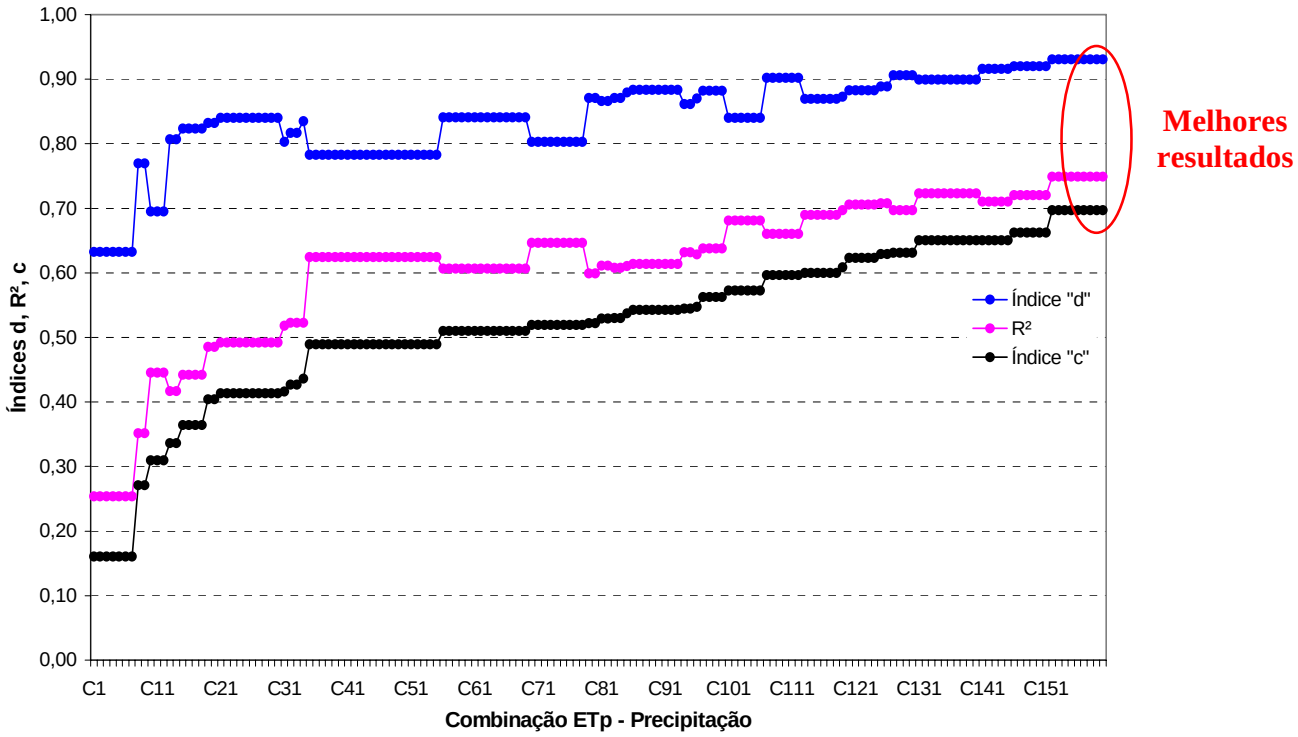

Figura 9 – Índices estatísticos "d", R^2 e "c" da análise da estimativa da florada plena para Campinas e Mococa, SP, em função das combinações de diferentes valores de ETp (mm), acumulada a partir de abril, e de precipitação pluvial (mm).

Algumas considerações podem ser feitas pelo fato do índice de confiança "c" ter indicado, em média, um desempenho mediano do modelo. O modelo fenológico utilizado considera apenas a chuva como responsável pela quebra da dormência dos botões florais maduros, porém, vários autores observaram que uma queda brusca da temperatura do ar, leva a um aumento da umidade relativa do ar, podendo também ocasionar a florada (MES, 1957; BROWING, 1977; BARROS et al., 1978; GOUVEIA, 1984; CAMARGO & FRANCO, 1985; SOARES et al., 2005). Entretanto, para se considerar essa observação, os dados de temperatura do ar precisariam ser horários, ficando mais complexo e difícil de se obterem, especialmente visando à aplicação no monitoramento em outras regiões cafeeiras do Brasil. Outra possível fonte de erro do modelo é ter considerado que a florada ocorre 10 dias fixos após as chuvas, como foi observado por GOUVEIA (1984), para a região de Campinas. Contudo, BARROS et al. (1978) e CAMARGO & CAMARGO (2001), verificaram que a abertura das flores pode ocorrer de 8 a 15 dias após o estímulo hídrico,

assim como WINTGENS (2004) menciona que a florada começa, normalmente, 5 a 12 dias depois da rehidratação dos botões. Assim, deveriam se considerar dados diários e não decendiais para melhorar a precisão do modelo. Outro problema foi a difícil obtenção de dados de campo das floradas plenas do cafeeiro, pois, normalmente, os produtores não anotam essas informações fenológicas.

Para completar algumas falhas de dados de ocorrência da florada plena das regiões de Campinas e Mococa, utilizaram-se informações de duas áreas, podendo ter interferido nos resultados de estimativa e na consistência dos dados.

4.7 Aplicação do Modelo Fenológico Parametrizado para Campinas e Mococa

Considerando-se 335 mm de ETp acumulado, a partir de abril, e seu valor correspondente de GD igual a 1579 ºC, necessário para que a gema floral atinja a maturação, observa-se a variabilidade de maturação, para as regiões de Campinas e Mococa, nos anos de 1993 a 2005, apresentados nas figuras 10 a 13.

Verifica-se que, em Campinas, nos anos de 1993 a 2005, quando se considera valor de ETp acumulado igual a 335 mm, a maturação das gemas florais concentra-se entre o segundo e o terceiro decêndio de agosto (A2 a A3), conforme mostra na figura 10. No mesmo período, em Mococa, a maturação ocorre do primeiro ao terceiro decêndio de agosto (A1 a A3), como apresentado na figura 11, sendo mais precoce do que em Campinas, pois é uma região mais quente, como foi discutido anteriormente.

Considerando-se GD acumulado igual a 1579 ºC, as gemas florais atingiram a maturação, no período analisado em Campinas, entre o segundo decêndio de agosto (A2) e o primeiro decêndio de setembro (S1) (Figura 12). Para Mococa, a maturação se concentra entre o primeiro decêndio de agosto (A1) e o primeiro decêndio de setembro (S1) (Figura 13).

Observa-se que a época de maturação das gemas florais foi um pouco mais tardia quando se utiliza graus-dia na estimativa, tanto para Campinas como Mococa, sendo esta variável menos confiável por não considerar o comprimento do dia. De acordo com MAESTRI & BARROS (1977) e GOUVEIA (1984), a variação fotoperiódica é um dos

fatores climáticos mais importantes no controle do florescimento do cafeeiro arábica, o qual é considerado uma planta de dia curto.

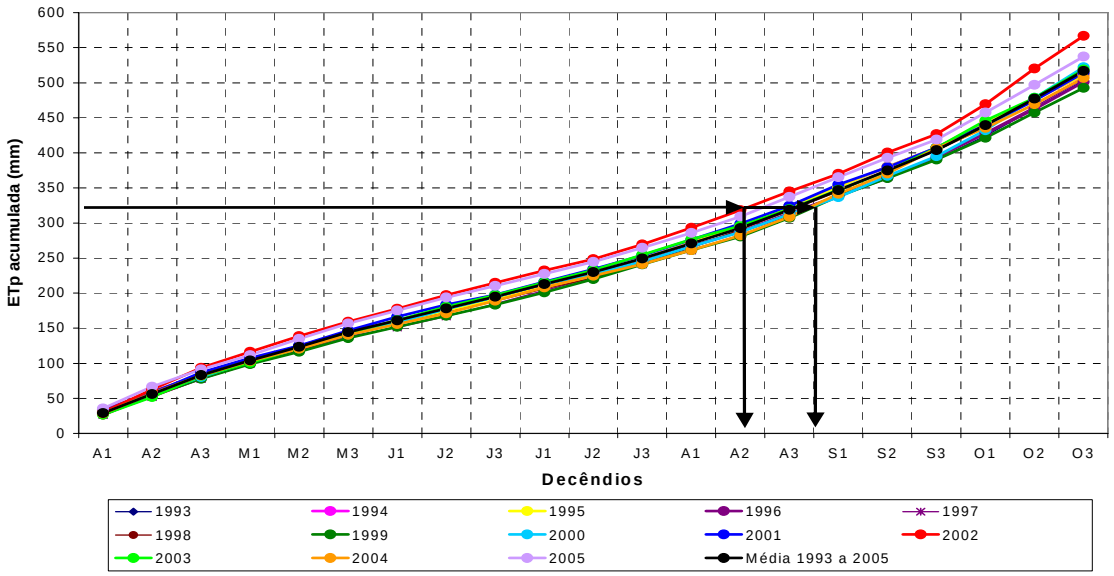

Figura 10 – Valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, na região de Campinas, SP, nos anos de 1993 a 2005.

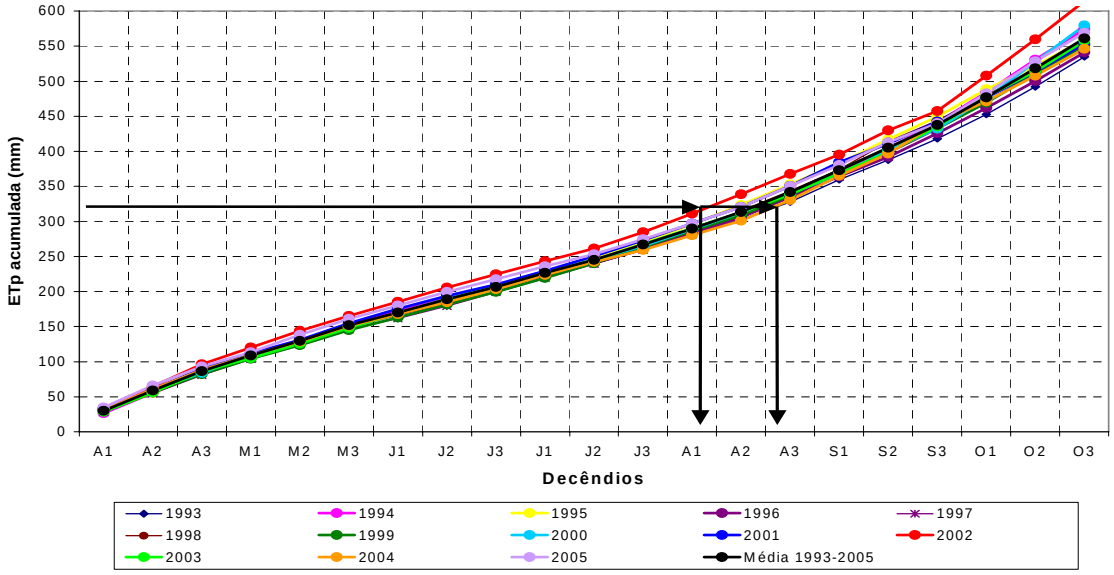

Figura 11 – Valores de ETp acumulados (mm), a partir de abril, na região de Mococa, SP, nos anos de 1993 a 2005.

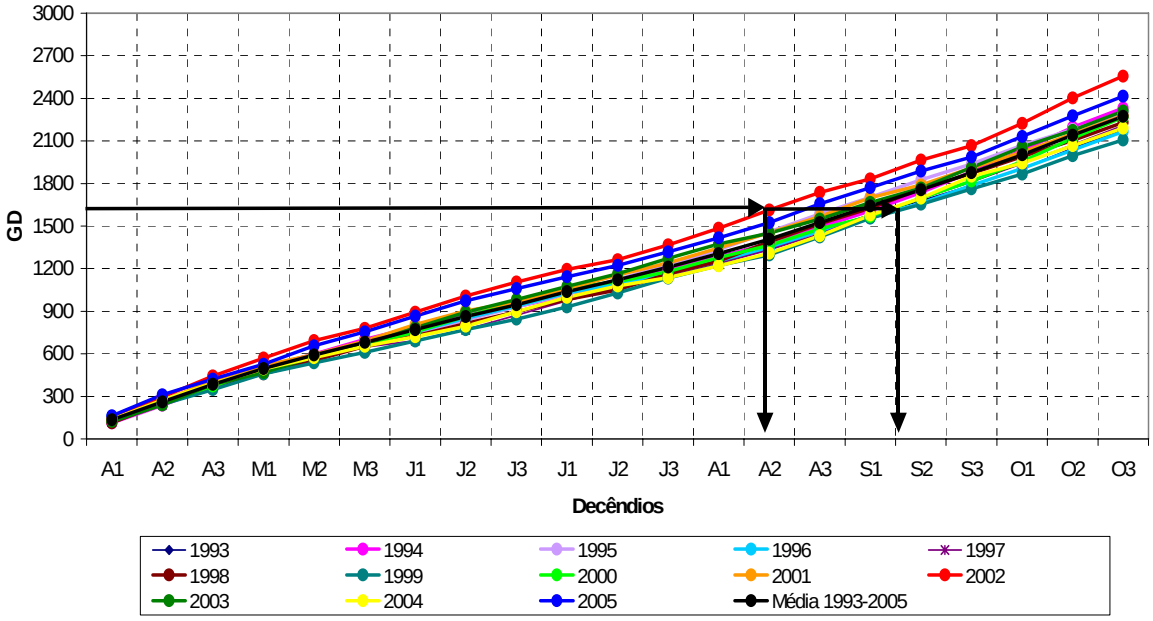

Figura 12 - Graus-dia, a partir de abril, na região de Campinas, SP, no período de 1993 a 2005.

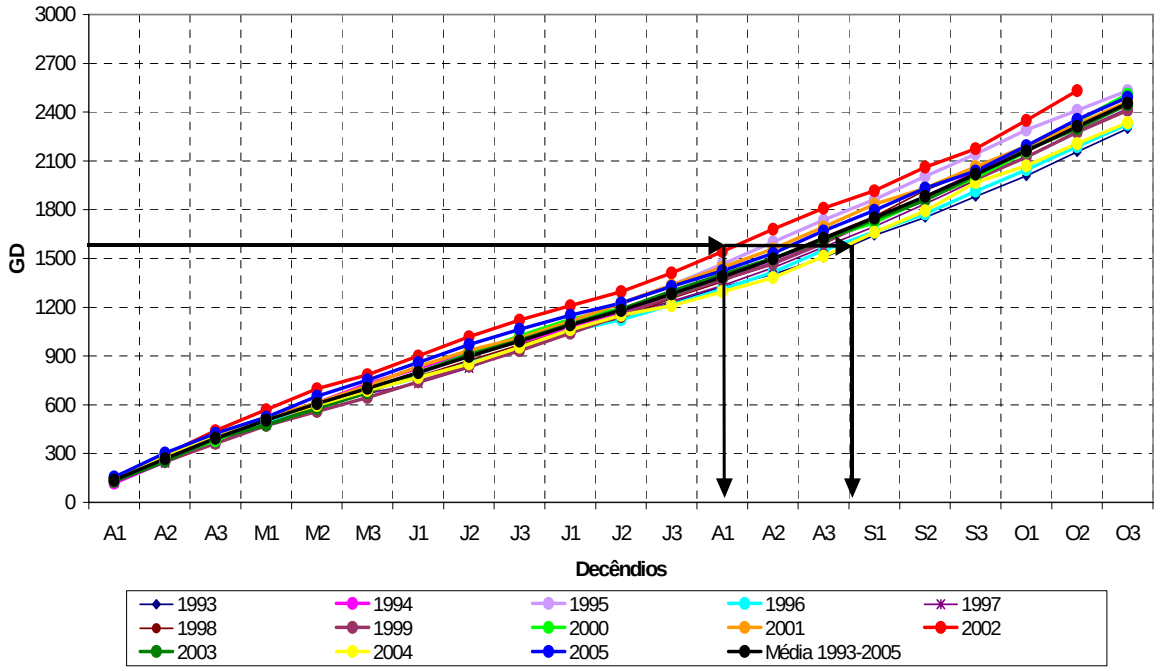

Figura 13 - Graus-dia, a partir de abril, na região de Mococa, SP, no período de 1993 a 2005.

Nas tabelas 15 a 18 são apresentadas as estimativas da época de ocorrência da florada plena do cafeeiro, para as regiões de Campinas e Mococa, nos anos de 1993 a 2005. Para isso, consideram-se as seguintes combinações: valor de ETp acumulado, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva, segundo o modelo original proposto por CAMARGO & CAMARGO (2001), e 335 mm de ETp e chuva mínima de 7 mm, de acordo com o modelo fenológico parametrizado.

Em relação a Campinas, verificou-se que, para o modelo original, em 13 anos analisados, acertaram-se apenas cinco floradas plenas, apresentando desvios de estimativa de até 2 decêndios em relação à florada real, como em 1994 e 2001 (Tabela 15). Contudo, ao se considerar o modelo parametrizado, os acertos das estimativas subiu para dez anos, como mostra a tabela 16. Esses resultados indicam que a acumulação necessária de ETp e a quantidade mínima de chuva são menores do que os valores sugeridos por CAMARGO & CAMARGO (2001), tornando a estimativa da florada mais precisa e consistente.

Resultados semelhantes podem ser observados para Mococa. Apenas seis acertos foram obtidos nas estimativas das floradas plenas quando se considera 350 mm de ETp e 10 mm de chuva, enquanto onze acertos nas estimativas foram obtidos para ETp igual a 335 mm e chuva mínima de 7 mm, no mesmo período (Tabelas 17 e 18).

Ao analisar essas combinações com os valores equivalentes de GD acumulados iguais a 1644 e 1579 ºC, também ocorreram os menores desvios para a menor acumulação (1579 GD) e com a menor quantidade de chuva (7 mm), em ambas as regiões, como apresentam as tabelas 19 a 22. Entretanto, para Campinas, os desvios foram maiores quando se considerou graus-dia, apresentando sete erros de estimativa para o modelo parametrizado (1579 GD e 7 mm), no período analisado (Tabela 20). Em relação a Mococa, a estimativa não se diferiu do resultado obtido com o valor de ETp, apresentando, também, apenas dois erros de estimativa da florada (Tabela 22).

Esses resultados reforçam a necessidade de se estudar outras regiões do Estado de São Paulo, aptas para a produção de café, para se obter resultados mais consistentes, contudo, encontra-se dificuldade de se obter dados históricos das floradas plenas para outros locais.

Tabela 15 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	27	25	28	33	26	25	31	28	30	30	27	29	36	28,8
A2	55	52	53	59	52	54	54	56	57	63	52	57	66	56,1
A3	82	80	79	84	77	81	78	80	87	94	82	83	91	82,9
M1	104	103	100	104	99	99	99	102	108	116	101	103	112	103,8
M2	123	122	120	124	119	118	117	121	125	139	122	121	135	123,5
M3	144	145	141	145	138	140	136	141	147	159	142	141	157	144,3
J1	161	162	157	161	151	156	152	158	166	178	162	156	176	161,1
J2	176	179	174	178	167	172	168	177	183	197	180	171	194	178,2
J3	192	192	191	195	185	188	184	194	198	215	197	189	210	194,6
J1	212	209	209	213	204	206	201	213	216	232	215	208	227	212,6
J2	229	226	228	228	222	222	220	227	234	248	233	225	242	229,6
J3	248	247	249	245	241	244	241	245	254	269	255	241	263	249,4
A1	268	267	272	266	261	265	261	266	276	293	277	261	284	270,6
A2	287	289	296	287	283	291	281	287	299	318	296	282	308	292,5
A3	310	315	324	314	308	318	307	313	324	345	320	309	341	319,0
S1	339	342	352	339	339	345	338	337	**355**	**370**	348	342	**366**	346,9
S2	**364**	372	**380**	**365**	366	**376**	**364**	**367**	**380**	400	374	371	**394**	374,8
S3	391	405	**407**	394	**395**	403	391	395	408	427	**407**	**407**	419	403,7
O1	424	447	444	428	429	437	422	432	440	469	446	436	457	439,2
O2	463	**493**	476	462	466	469	457	478	475	520	479	470	495	477,1
O3	503	**533**	511	501	505	507	493	522	514	567	519	507	537	516,9
N1	545	583	553	541	556	545	529	564	554	605	555	547	575	557,8

Florada estimada
Florada Real

Tabela 16 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	27	25	28	33	26	25	31	28	30	30	27	29	36	28,8
A2	55	52	53	59	52	54	54	56	57	63	52	57	66	56,1
A3	82	80	79	84	77	81	78	80	87	94	82	83	91	82,9
M1	104	103	100	104	99	99	99	102	108	116	101	103	112	103,8
M2	123	122	120	124	119	118	117	121	125	139	122	121	135	123,5
M3	144	145	141	145	138	140	136	141	147	159	142	141	157	144,3
J1	161	162	157	161	151	156	152	158	166	178	162	156	176	161,1
J2	176	179	174	178	167	172	168	177	183	197	180	171	194	178,2
J3	192	192	191	195	185	188	184	194	198	215	197	189	210	194,6
J1	212	209	209	213	204	206	201	213	216	232	215	208	227	212,6
J2	229	226	228	228	222	222	220	227	234	248	233	225	242	229,6
J3	248	247	249	245	241	244	241	245	254	269	255	241	263	249,4
A1	268	267	272	266	261	265	261	266	276	293	277	261	284	270,6
A2	287	289	296	287	283	291	281	287	299	318	296	282	308	292,5
A3	310	315	324	314	308	318	307	313	324	345	320	309	341	319,0
S1	339	342	352	339	339	345	338	337	**355**	**370**	348	342	**366**	346,9
S2	**364**	372	**380**	**365**	366	**376**	**364**	**367**	**380**	400	374	371	**394**	374,8
S3	391	405	**407**	394	**395**	403	391	395	408	427	**407**	**407**	419	403,7
O1	424	447	444	428	429	437	422	432	440	469	446	436	457	439,2
O2	463	**493**	476	462	466	469	457	478	475	520	479	470	495	477,1
O3	503	**533**	511	501	505	507	493	522	514	567	519	507	537	516,9
N1	545	583	553	541	556	545	529	564	554	605	555	547	575	557,8

Florada estimada
Florada Real

Tabela 17 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	29	27	29	34	28	29	31	29	31	31	29	31	35	30
A2	58	56	56	62	54	58	57	59	61	65	56	61	66	59
A3	85	85	83	87	81	85	82	84	90	96	86	88	93	87
M1	107	108	106	109	103	105	104	109	112	120	105	109	114	109
M2	128	129	128	130	125	127	123	129	131	144	126	129	138	130
M3	148	154	150	151	146	150	145	151	155	165	148	151	161	152
J1	167	172	168	168	161	167	163	170	175	185	169	168	180	170
J2	183	191	188	186	179	185	182	190	194	206	189	185	200	189
J3	200	206	206	204	199	204	199	209	210	225	206	204	218	207
J1	220	224	227	224	219	223	220	229	230	243	226	224	234	226
J2	239	242	248	241	239	239	240	245	251	261	245	242	248	245
J3	260	266	270	261	259	263	264	265	273	285	267	259	270	266
A1	282	288	296	283	281	286	287	289	297	311	290	281	290	289
A2	302	310	323	307	305	315	309	312	321	339	313	301	313	313
A3	328	339	353	336	333	344	337	340	351	368	339	331	350	342
S1	360	370	383	364	363	374	374	367	384	395	369	365	380	373
S2	388	404	417	392	397	414	404	401	411	430	398	397	412	405
S3	418	441	449	426	431	444	433	432	442	458	436	440	439	438
O1	453	484	489	462	470	480	469	475	477	508	478	471	481	477
O2	492	531	522	500	513	516	511	528	513	560	514	508	526	518
O3	535	574	559	541	556	556	551	580	554	614	558	546	569	561
N1	582	625	598	581	607	596	591	626	596	656	596	592	606	604

Florada estimada

Florada Real

Tabela 18 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se a acumulação de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	29	27	29	34	28	29	31	29	31	31	29	31	35	30
A2	58	56	56	62	54	58	57	59	61	65	56	61	66	59
A3	85	85	83	87	81	85	82	84	90	96	86	88	93	87
M1	107	108	106	109	103	105	104	109	112	120	105	109	114	109
M2	128	129	128	130	125	127	123	129	131	144	126	129	138	130
M3	148	154	150	151	146	150	145	151	155	165	148	151	161	152
J1	167	172	168	168	161	167	163	170	175	185	169	168	180	170
J2	183	191	188	186	179	185	182	190	194	206	189	185	200	189
J3	200	206	206	204	199	204	199	209	210	225	206	204	218	207
J1	220	224	227	224	219	223	220	229	230	243	226	224	234	226
J2	239	242	248	241	239	239	240	245	251	261	245	242	248	245
J3	260	266	270	261	259	263	264	265	273	285	267	259	270	266
A1	282	288	296	283	281	286	287	289	297	311	290	281	290	289
A2	302	310	323	307	305	315	309	312	321	339	313	301	313	313
A3	328	339	353	336	333	344	337	340	351	368	339	331	350	342
S1	360	370	383	364	363	374	374	367	384	395	369	365	380	373
S2	388	404	417	392	397	414	404	401	411	430	398	397	412	405
S3	418	441	449	426	431	444	433	432	442	458	436	440	439	438
O1	453	484	489	462	470	480	469	475	477	508	478	471	481	477
O2	492	531	522	500	513	516	511	528	513	560	514	508	526	518
O3	535	574	559	541	556	556	551	580	554	614	558	546	569	561
N1	582	625	598	581	607	596	591	626	596	656	596	592	606	604

Florada estimada

Florada Real

Tabela 19 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1644, a partir de abril, e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	129	115	131	156	120	114	148	130	140	143	124	138	163	135
A2	263	238	243	277	240	253	244	262	269	296	240	273	310	262
A3	387	373	364	388	356	380	348	372	412	443	386	391	421	386
M1	505	503	476	491	475	459	458	493	518	571	469	494	527	495
M2	602	596	580	590	574	551	535	579	594	693	579	574	656	593
M3	688	701	667	679	648	654	610	661	691	779	668	652	756	681
J1	779	789	748	755	694	727	691	755	808	892	783	721	867	770
J2	847	880	838	850	769	813	769	865	902	1008	894	795	972	862
J3	930	932	929	936	873	895	844	960	963	1106	983	897	1059	947
J1	1038	1007	1019	1029	972	982	930	1062	1059	1194	1076	999	1142	1039
J2	1124	1089	1125	1093	1070	1050	1030	1109	1154	1264	1163	1077	1223	1121
J3	1211	1197	1225	1159	1148	1163	1132	1181	1241	1367	1273	1136	1316	1211
A1	1295	1280	1333	1252	1235	1255	1222	1277	1347	1485	1375	1220	1415	1307
A2	1366	1377	1459	1343	1334	1388	1298	1366	1454	1615	1452	1309	1525	1407
A3	1462	1493	1587	1466	1445	1514	1422	1480	1568	1738	1548	1432	1654	1524
S1	1581	1608	1704	1560	1580	1625	1556	1567	**1700**	**1833**	1665	1576	**1764**	1640
S2	**1679**	1737	**1825**	**1659**	1693	**1761**	**1654**	**1698**	**1791**	1965	1769	1698	**1880**	1755
S3	1787	1882	**1936**	1787	**1811**	1870	1762	1817	1910	2067	**1914**	**1852**	1980	1875
O1	1903	2033	2070	1908	1939	1990	1865	1955	2022	2224	2058	1945	2124	2003
O2	2049	**2196**	2182	2035	2074	2105	1996	2119	2149	2403	2173	2067	2265	2139
O3	2182	**2333**	2294	2165	2207	2229	2107	2268	2280	2556	2310	2190	2414	2272
N1	2325	2494	2435	2298	2373	2359	2228	2411	2417	2686	2427	2326	2542	2409

Florada estimada
Florada Real

Tabela 20 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1579, a partir de abril, e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	129	115	131	156	120	114	148	130	140	143	124	138	163	135
A2	263	238	243	277	240	253	244	262	269	296	240	273	310	262
A3	387	373	364	388	356	380	348	372	412	443	386	391	421	386
M1	505	503	476	491	475	459	458	493	518	571	469	494	527	495
M2	602	596	580	590	574	551	535	579	594	693	579	574	656	593
M3	688	701	667	679	648	654	610	661	691	779	668	652	756	681
J1	779	789	748	755	694	727	691	755	808	892	783	721	867	770
J2	847	880	838	850	769	813	769	865	902	1008	894	795	972	862
J3	930	932	929	936	873	895	844	960	963	1106	983	897	1059	947
J1	1038	1007	1019	1029	972	982	930	1062	1059	1194	1076	999	1142	1039
J2	1124	1089	1125	1093	1070	1050	1030	1109	1154	1264	1163	1077	1223	1121
J3	1211	1197	1225	1159	1148	1163	1132	1181	1241	1367	1273	1136	1316	1211
A1	1295	1280	1333	1252	1235	1255	1222	1277	1347	1485	1375	1220	1415	1307
A2	1366	1377	1459	1343	1334	1388	1298	1366	1454	1615	1452	1309	1525	1407
A3	1462	1493	1587	1466	1445	1514	1422	1480	1568	1738	1548	1432	1654	1524
S1	1581	1608	1704	1560	1580	1625	1556	1567	**1700**	**1833**	1665	1576	**1764**	1640
S2	**1679**	1737	**1825**	**1659**	1693	**1761**	**1654**	**1698**	**1791**	1965	1769	1698	**1880**	1755
S3	1787	1882	**1936**	1787	**1811**	1870	1762	1817	1910	2067	**1914**	**1852**	1980	1875
O1	1903	2033	2070	1908	1939	1990	1865	1955	2022	2224	2058	1945	2124	2003
O2	2049	**2196**	2182	2035	2074	2105	1996	2119	2149	2403	2173	2067	2265	2139
O3	2182	**2333**	2294	2165	2207	2229	2107	2268	2280	2556	2310	2190	2414	2272
N1	2325	2494	2435	2298	2373	2359	2228	2411	2417	2686	2427	2326	2542	2409

Florada estimada
Florada Real

Tabela 21 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1644, a partir de abril, e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	131	119	132	153	125	131	145	136	145	142	130	145	157	138
A2	264	250	250	279	245	268	252	272	279	292	254	281	305	269
A3	386	385	377	391	363	390	364	380	419	440	393	408	425	394
M1	503	511	497	494	479	481	473	512	525	569	477	510	523	504
M2	599	614	604	597	584	587	559	604	613	698	578	596	653	607
M3	680	728	698	687	669	696	645	697	717	785	675	689	754	702
J1	780	826	793	769	735	774	742	798	837	900	799	768	860	799
J2	848	924	904	861	828	873	840	913	936	1018	909	851	970	898
J3	934	987	1006	948	939	968	932	1023	1010	1120	996	955	1064	991
J1	1039	1069	1115	1054	1045	1063	1040	1126	1112	1210	1098	1062	1151	1091
J2	1136	1160	1226	1125	1150	1134	1150	1191	1225	1296	1187	1151	1228	1181
J3	1227	1281	1336	1214	1236	1256	1265	1280	1337	1412	1299	1210	1327	1283
A1	1325	1372	1464	1312	1332	1358	1370	1390	1445	1543	1402	1297	1426	1387
A2	1403	1472	1601	1418	1443	1503	1468	1497	1558	1679	1503	1382	1537	1497
A3	1506	1601	1736	1551	1569	1632	1593	1620	1693	1810	1610	1514	1679	1624
S1	1642	1733	1862	1663	1695	1758	1746	1721	1834	1916	1738	1662	1806	1752
S2	1754	1876	2006	1773	1836	1919	1871	1865	1934	2063	1857	1793	1942	1884
S3	1881	2028	2143	1914	1981	2045	1990	1997	2065	2174	2012	1967	2048	2019
O1	2008	2187	2289	2046	2125	2181	2124	2155	2192	2349	2166	2070	2204	2161
O2	2155	2353	2410	2188	2282	2313	2276	2344	2326	2533	2298	2206	2364	2311
O3	2299	2501	2531	2326	2423	2448	2410	2512	2464	2704	2447	2335	2493	2453
N1	2456	2668	2665	2464	2592	2583	2549	2667	2607	2848	2577	2485	2619	2598

Florada estimada

Florada Real

Tabela 22 – Estimativa da ocorrência da florada plena, para a região de Mococa (SP), considerando-se Graus-dia acumulado igual a 1579, a partir de abril, e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

Decêndio	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
A1	131	119	132	153	125	131	145	136	145	142	130	145	157	138
A2	264	250	250	279	245	268	252	272	279	292	254	281	305	269
A3	386	385	377	391	363	390	364	380	419	440	393	408	425	394
M1	503	511	497	494	479	481	473	512	525	569	477	510	523	504
M2	599	614	604	597	584	587	559	604	613	698	578	596	653	607
M3	680	728	698	687	669	696	645	697	717	785	675	689	754	702
J1	780	826	793	769	735	774	742	798	837	900	799	768	860	799
J2	848	924	904	861	828	873	840	913	936	1018	909	851	970	898
J3	934	987	1006	948	939	968	932	1023	1010	1120	996	955	1064	991
J1	1039	1069	1115	1054	1045	1063	1040	1126	1112	1210	1098	1062	1151	1091
J2	1136	1160	1226	1125	1150	1134	1150	1191	1225	1296	1187	1151	1228	1181
J3	1227	1281	1336	1214	1236	1256	1265	1280	1337	1412	1299	1210	1327	1283
A1	1325	1372	1464	1312	1332	1358	1370	1390	1445	1543	1402	1297	1426	1387
A2	1403	1472	1601	1418	1443	1503	1468	1497	1558	1679	1503	1382	1537	1497
A3	1506	1601	1736	1551	1569	1632	1593	1620	1693	1810	1610	1514	1679	1624
S1	1642	1733	1862	1663	1695	1758	1746	1721	1834	1916	1738	1662	1806	1752
S2	1754	1876	2006	1773	1836	1919	1871	1865	1934	2063	1857	1793	1942	1884
S3	1881	2028	2143	1914	1981	2045	1990	1997	2065	2174	2012	1967	2048	2019
O1	2008	2187	2289	2046	2125	2181	2124	2155	2192	2349	2166	2070	2204	2161
O2	2155	2353	2410	2188	2282	2313	2276	2344	2326	2533	2298	2206	2364	2311
O3	2299	2501	2531	2326	2423	2448	2410	2512	2464	2704	2447	2335	2493	2453
N1	2456	2668	2665	2464	2592	2583	2549	2667	2607	2848	2577	2485	2619	2598

Florada estimada

Florada Real

4.8 Análise da Freqüência de Ocorrência das Estimativas das Floradas Plenas

Analisando-se a freqüência de ocorrência das épocas da florada plena estimadas pelo modelo de CAMARGO & CAMARGO (2001), nos anos de 1993 a 2005 (13 anos), para Campinas, observa-se que as floradas se concentram mais no terceiro decêndio de setembro (S3), ocorrendo em 10 anos analisados (Figura 14). Duas floradas plenas ocorrem no segundo decêndio de setembro (S2), e apenas uma ocorre mais tardia, no primeiro decêndio de novembro.

Ao se considerar o valor de ETp acumulado de 335 mm, a partir de abril, e 7 mm de chuva, para a região de Campinas, a estimativa se aproxima mais da florada real, como se observa na tabela 16, e a freqüência de ocorrência das floradas plenas estimadas se concentram no mês de setembro, principalmente no terceiro decêndio (S3), em que 6 floradas ocorrem nesta época, nos anos de 1993 a 2005 (Figura 15).

Verificam-se resultados semelhantes quando se estima a florada plena com os valores equivalentes de GD, como mostram as figuras 16 e 17. Considerando-se 1644 GD acumulados e 10 mm de chuva, 10 floradas ocorrem em S3 e duas em S1, não havendo florada no segundo decêndio de setembro (Figura 16). Ao se considerar o valor acumulado de 1579 GD e uma chuva mínima de 7 mm, as floradas estimadas também se concentram no mês de setembro, com maior freqüência em S3, isto é, 9 floradas ocorrem nesta época durante o período analisado (Figura 17).

Para a região de Mococa, as floradas plenas se concentram nos meses de setembro e outubro para ambas as combinações de ETp e chuva (Figuras 18 e 19). Ao contrário de Campinas, em que a florada plena ocorre principalmente em setembro, em Mococa a maturação é mais precoce, por ser uma região mais quente, entretanto, a freqüência das floradas apresenta-se mais distribuída. Para o valor acumulado de ETp de 350 mm e chuva de 10 mm, as maiores freqüências ocorrem no segundo decêndio de setembro (S2) e no primeiro decêndio de outubro (O1), sendo iguais a 4 (Figura 18). Contudo, para ETp de 335 mm e 7 mm de chuva, a florada plena ocorre com maior freqüência no mês de setembro, apesar de apenas duas ocorrerem em outubro, em O1 e O2 (Figura 19).

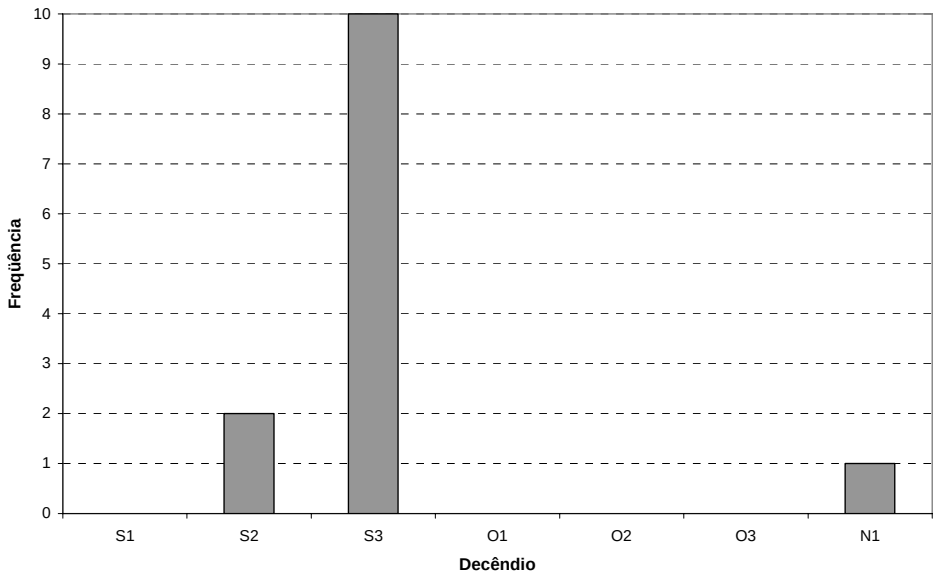

Figura 14 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plenas estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se o valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

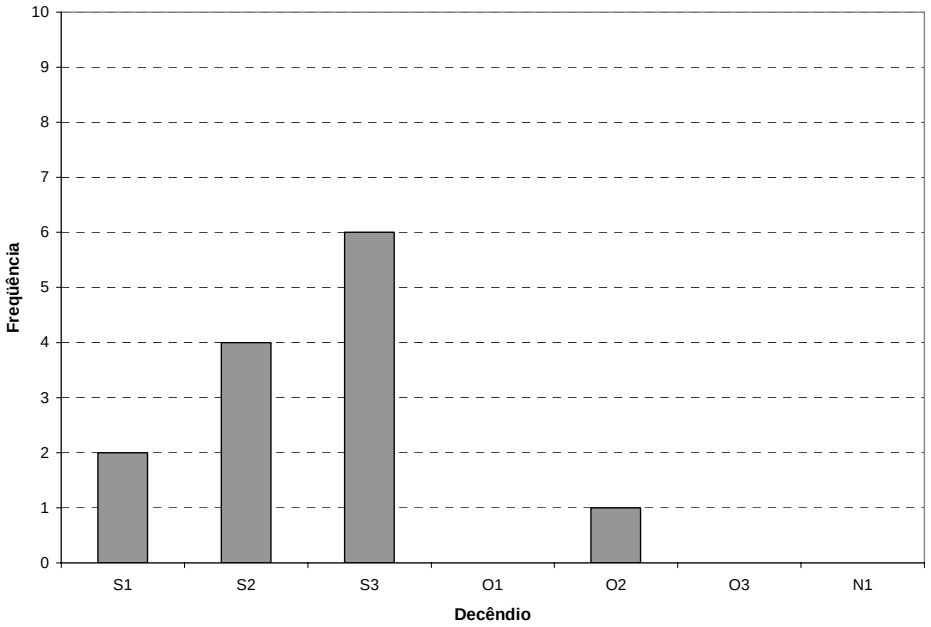

Figura 15 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plena estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se o valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

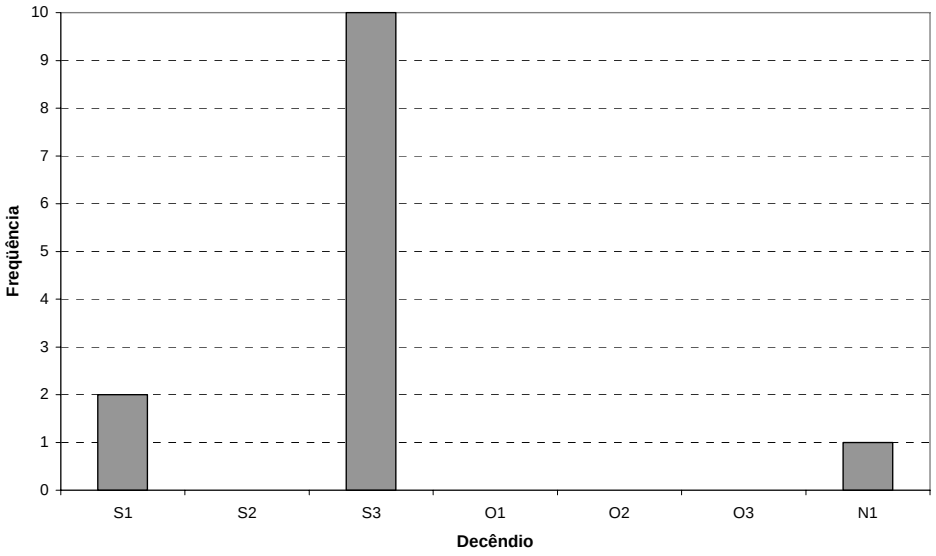

Figura 16 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plenas estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado, a partir de abril, igual a 1644 e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

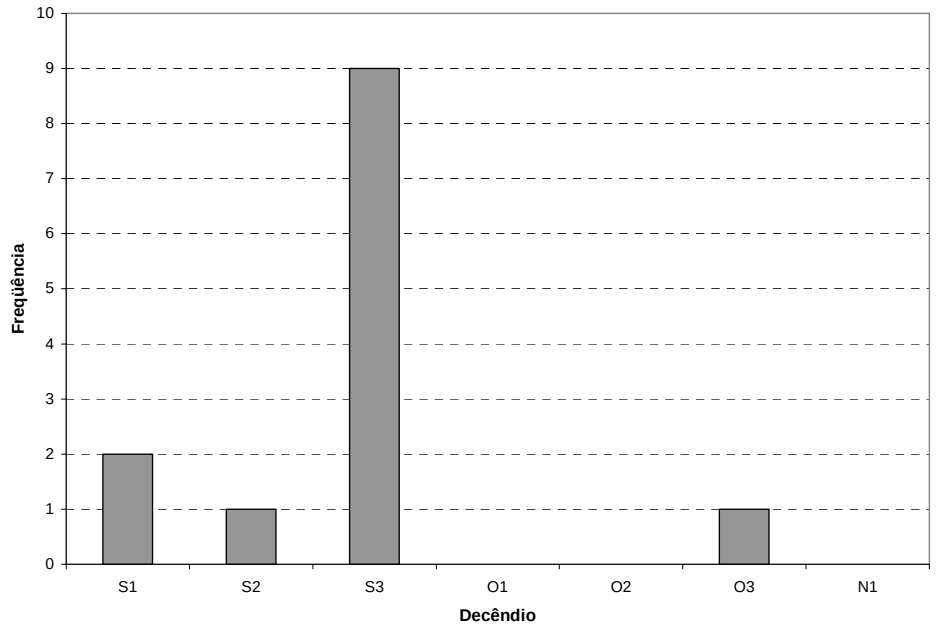

Figura 17 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plenas estimadas para a região de Campinas (SP), considerando-se Graus-dia acumulado, a partir de abril, igual a 1579 e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

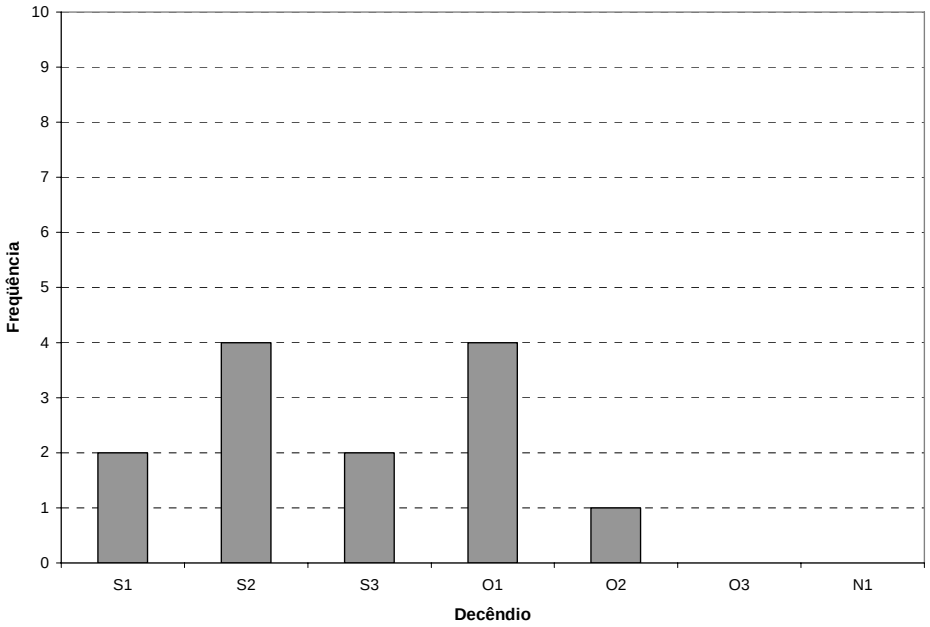

Figura 18 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plenas estimadas para a região de Mococa (SP), considerando-se o valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 350 mm e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

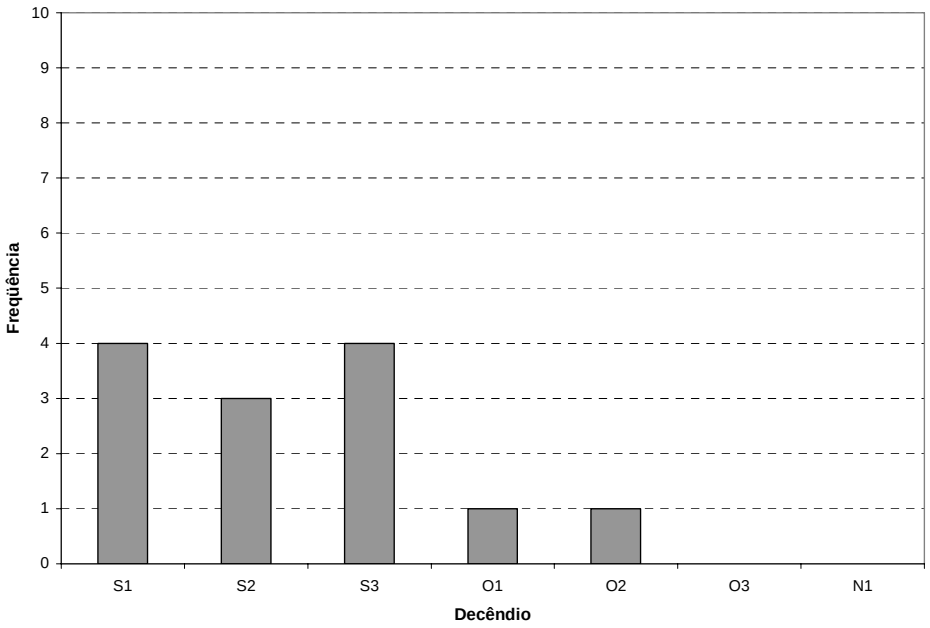

Figura 19 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plenas estimadas para a região de Mococa (SP), considerando-se o valor acumulado de ETp, a partir de abril, igual a 335 mm e 7 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

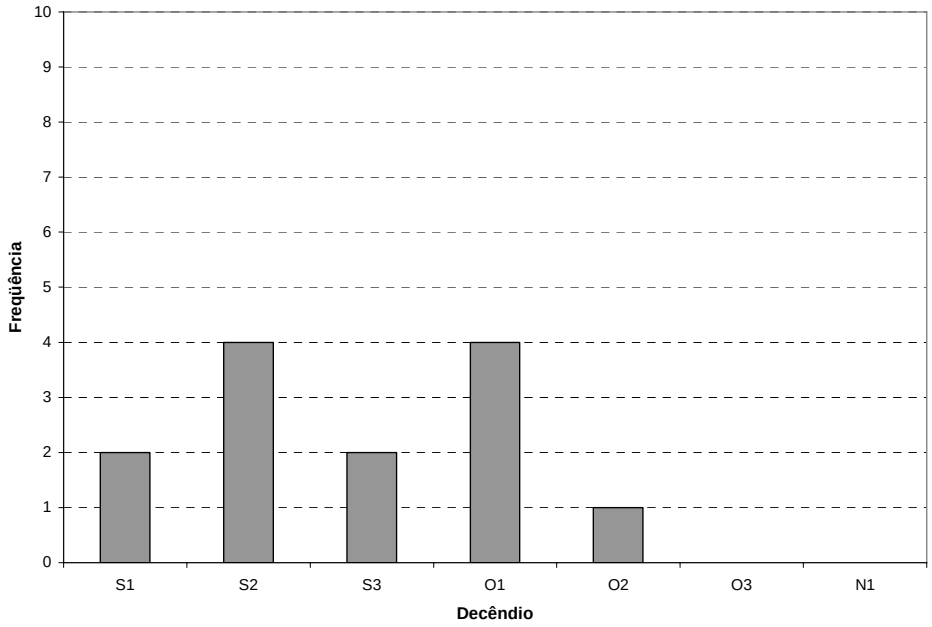

Figura 20 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plenas estimadas para a região de Mococa (SP), considerando-se Graus-dia acumulado, a partir de abril, igual a 1644 e 10 mm de chuva para a indução da antese, nos anos de 1993 a 2005.

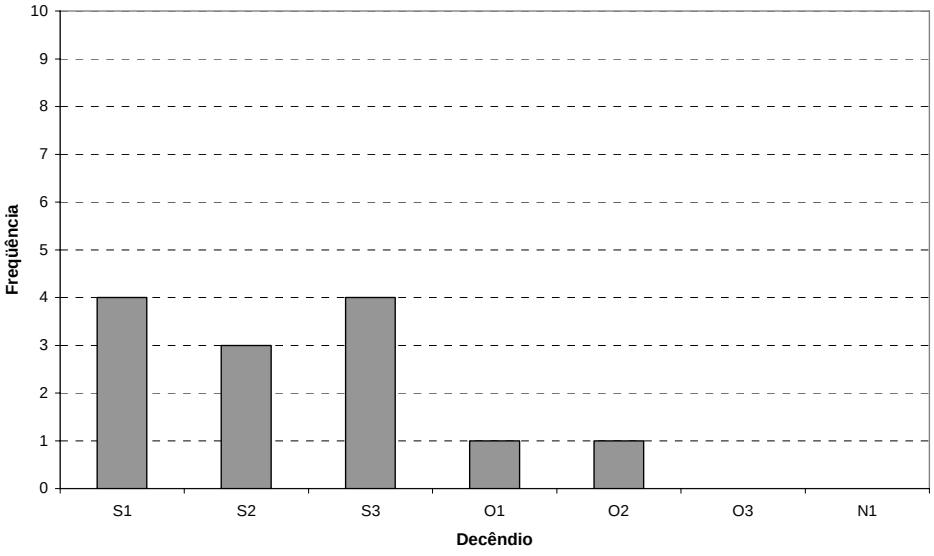

Figura 21 – Freqüência de ocorrência das épocas das floradas plenas estimadas para a região de Mococa (SP), considerando Graus-dia, a partir de abril, igual a 1579 e 7 mm de chuva para a indução da antese, no período de 1993 a 2005.

Não se observam diferenças nas freqüências de ocorrência das floradas plenas, para a região de Mococa, quando a estimativa é feita utilizando-se os valores acumulados de GD iguais a 1644 e 1579 ºC, correspondentes aos de ETp acumulados (350 e 335 mm), com chuvas de 10 e 7 mm, respectivamente, como apresentam as figuras 20 e 21.

As distribuições pluviométricas e os somatórios acumulados de ETp para Campinas e Mococa, nos ano de 2004 e 2005, com indicações das épocas estimadas da maturação das gemas e das floradas, assim como as floradas reais, estão apresentados na figura 22. No primeiro decêndio de setembro (1-10) de 2004, em Campinas, as gemas florais atingem a maturação, pois o valor acumulado de ETp indica 335mm. No entanto, não ocorreu chuva nesse período para induzir a antese e as gemas entram em dormência. Apenas no segundo decêndio de setembro (11-20) é que ocorreu o "choque hídrico" com um total de 27 mm de chuva. Segundo GOUVEIA (1984), o tempo de abertura dos botões, nas condições naturais de Campinas, é de 10 dias. Assim, a florada estimada aconteceu, segundo o modelo parametrizado, somente no terceiro decêndio de setembro (21-30), coincidindo com a florada real. Esta coincidência ocorreu na maioria dos anos estudados (Tabela 16). Já em 2005, segundo o modelo parametrizado, a florada estimada ocorreu um decêndio antes da florada real, em Campinas (Figura 22). Verificou-se que as gemas ficaram maduras no terceiro decêndio de agosto, quando o valor de ETp indicava 335 mm, havendo um total de chuva de 17 mm nesse decêndio, induzindo à antese, que ocorreu no decêndio seguinte (S1).

Para Mococa, a estimativa da florada plena do cafeeiro, pelo modelo modificado, coincidiu com a florada real, nos anos de 2004 e 2005, conforme apresenta a figura 22. Na maioria dos anos estudados também ocorre esta coincidência (Tabela 18).

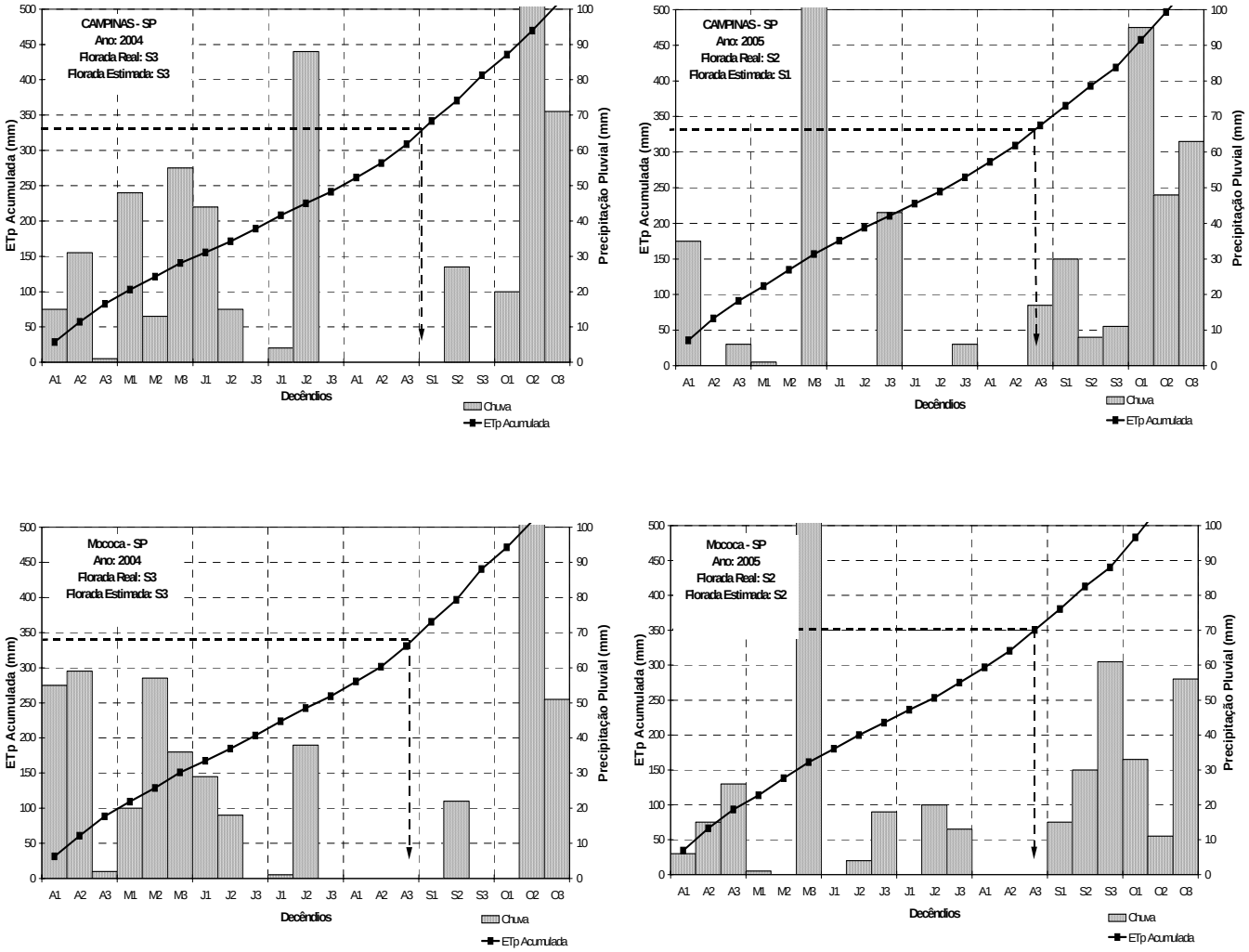

Figura 22 – Distribuição pluviométrica e somatório acumulado de ETp, a partir de abril, em níveis decendiais, com indicações dos valores de 335 mm de ETp e das épocas estimadas do florescimento pleno do cafeeiro, considerando-se 7 mm de precipitação pluvial, para Campinas e Mococa, SP, nos anos de 2004 e 2005.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no trabalho permitem concluir que:

a) A evapotranspiração potencial acumulada a partir de abril e a precipitação pluvial, que ocorre após as gemas florais atingirem a maturação, são elementos climáticos importantes para serem utilizados na estimativa da época da florada plena do cafeeiro arábica, nas condições tropicais do Estado de São Paulo.

b) O modelo agrometeorológico parametrizado, que considera o valor de ETp acumulado a partir de abril igual a 335 mm, para as gemas florais atingirem a maturação, e um mínimo de 7 mm de chuva, para quebrar a dormência das gemas maduras, indicando a época da plena floração acontecendo 10 dias depois, apresentou erros de estimativa inferiores ao modelo original de CAMARGO & CAMARGO (2001).

c) O modelo agrometeorológico quando considera valores de graus-dia para estimar a época da florada plena apresentou desempenho inferior, comparado com os valores de ETp.

5.1 Considerações Finais

a) O modelo agrometeorológico parametrizado pode ser incorporado a modelos agrometeorológicos de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade, que necessitam desta importante informação fenológica, contudo deve ser testado para outras regiões produtoras de café, da região Sudeste do Brasil.

b) Dados históricos consistentes da época de ocorrência da florada plena do cafeeiro são difíceis de serem obtidos, por isso, este trabalho considerou apenas as regiões de Campinas e Mococa.

c) Para melhorar a estimativa do modelo agrometeorológico, poderia ser considerado dados diários de temperatura e de chuva, visando análise de menor intervalo de tempo para que ocorra a abertura dos botões florais.

d) Espera-se, com isso, a obtenção de um modelo agrometeorológico ainda mais amplo e consistente para subsidiar os programas de previsão de safra de café.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOCK, B.; ACOCK, M.C. Potential for ising long-term field research data to develop and validate crop simulators. **Agronomy Journal**, v. 83, p.56-61, 1991.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ARRUDA, F.B.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O. Métodos agrometeorológicos para controle da irrigação. Campinas: Instituto Agronômico, 1990. 62p. (Boletim Técnico, 133).

ALVIM, P.T. Factors affecting flowering of coffee. In: SBR, A.M. (ed). Genes, Enzymes and Population. New York, Plenum Publishing Corporation, p.193-202, 1973.

BAIER, W. Notes on terminology of crop-weather models. Agricultural Meteorology, v. 20, n.1, p.137-145, 1979.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; RENA, A.B. Physiology of growth and production of the coffee tree – A review. Journal of Coffee Research, v. 27, p.1-54, 1999.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; COONS, M.P. The physiology of flowering in coffee: a review. Journal of Coffee Research, v. 8, n. 2/3, p.29-73, 1978.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; MOREIRA, R.C. Sources of assimilates for expanding flower buds of coffee. Turrialba, v. 32, n. 4, p.371-377, 1982.

BEAUMONT, J.H. An analysis of growth and yield relationships of coffee trees in the Kona Districs, Hawaii. **Journal of Agricultural Research,** n. 59, p.223-235, 1939.

BOYER, J. Étude experimentale des effects du rèfime d'humidité du sol sur la croissance végétative, la floraison et la frutification des caféier Robusta. **Café, Cacao, Thé,** Nogent-sur-Marne, n.13, p.187-200, 1969.

BROWING, G. Environmental control of flower bud development in *Coffea arabica* L. In: Landsberg, J.J.; Cutting, C.V. (eds). Environmental effects on crop physiology. London, Academic Press, p.321- 331, 1977.

CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia,** Campinas, v.21, n.12, p.163-203, 1962.

CAMARGO A. P. Fenologia e florescimento do cafeeiro (*Coffea arabica*) no Brasil. In: Resumos do II Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Campinas, p.161-163, 1983.

CAMARGO, A.P. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p.13-26, 1985a.

CAMARGO, A.P. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 20, n. 7, p.831-839, 1985b.

CAMARGO, A.P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: Anais do Simpósio sobre o manejo de água na agricultura, Campinas, p.53-90, 1987.

CAMARGO, A.P. As oito fases fenológicas da frutificação do cafeeiro. In: Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Poços de Caldas, v. 1, p.41-42, 1998.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. Artigo de Revisão. **Bragantia,** Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia,** Campinas, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P.; PALLONE FILHO, W.J. Modelo climático-fenológico para determinação das necessidades de irrigação de café arábica na região norte de São Paulo e no Triângulo Mineiro. Boletim Técnico nº 190, Campinas, IAC. Série Tecnologia APTA, 26p, 2001.

CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.M. Clima e fenologia do cafeeiro. In: Cultura de Café no Brasil. Manual de Recomendações. 5.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Industria e Comercio, p.19-50, 1985.

CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the coffe crop. Gebeve: World Meteorological Organization, 1994. 96p. (Agricultural Meteorology CaM report, 58).

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p.89-97, 1997.

CAMARGO, M.B.P; BRUNINI, O.; PEDRO JR., M.J.; BARDIN, L. Variabilidade espacial e temporal de dados termopluviométricos diários da rede de estações meteorológicas do Instituto Agronômico (IAC). In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Fortaleza, p.207-208, 2001.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thonrthwaite e Mather (1955). **Bragantia,** Campinas, v. 52, n. 2, p. 169-172, 1993.

CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R. R. & PINTO, H.S. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. **Ecossistema**, v. 9, p.166-171, 1984.

CAMARGO, M.B.P; PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, A.P.; FAHL, J.I.; FAZUOLI, L.C.; SANTOS, M.A. Modelo agrometeorológico de estimativa da época de plena floração do cafeeiro arábica em condições tropicais. 2001. In: Anais do 2º Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, Vitória, p.173-180, 2001.

CAMARGO, M.B.P.; SANTOS, M.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; FAHL, J.I.; BRUNINI, O.; MEIRELES, E.J.L.; BARDIN, L. Modelo agrometeorológico de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade como subsidio à previsão de safra de café (*Coffea arabica L.*): resultados preliminares. In: Anais do 3º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Porto Seguro, p.75-76, 2003.

CAMARGO, R.; TELLES JÚNIOR, A.Q. O café no Brasil. **Serviço de Informação Agrícola,** Rio de Janeiro, v. 2, 720 p. 1953.

CANNEL, M.G.R. 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. **Annals of Applied Biology**, London, v. 67, p.99-120, 1971.

CARVAJAL, J.F. Cafeto: cultivo y fertilización. Berna: Instituto Internacional de La Potasa, 1972. 141p.

CARVALHO, L.G. de; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R.; RAMOS ALVES, H.M. Avaliação de um modelo agrometeorológico para previsão de produtividade de café em três localidades da região sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.343-352, 2003.

CARVALHO, L.G. de; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; ALVES, H. M. R. Aplicação da análise harmônica por séries de Fourier para a previsão de produtividade da cultura do café no Estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v.25, n. 3, p.732-741, 2005.

CASTRO, F.S. Relaciones entre las lluvias y la producción del café. El Salvador: Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, p.11-20 (Boletim, 7). 1961.

CONAGIN, A.; NAGAI, V.; AMBRÓSIO, L.A. Princípios de Técnica Experimental e Análise Estatística de Experimentos. Campinas, Instituto Agronômico, 2006. E-book, versão 1.

COSTA, L.C. Modelagem e simulação em agrometeorologia. In: Anais do X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba, p.3-6, 1997.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3BoletimCafe.pdf, (22 dezembro 2006).

CRISOSTO, C.H.; GRANTZ, D.A.; MEINZER, F.C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree physiology**, v.10, p.127-139, 1992.

DAMATTA, F.M.; RENA, A.B. Relações hídricas no cafeeiro. In: Anais do 1º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas, p.9-44, 2002.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology,** v. 18, n. 1, p.55-81, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Roma, FAO, 197 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33), 1979.

FAHL, J.I.; CAMARGO, M.B.P; ALFONSI, E.L.; SANTOS, M.A. Efeito das condições climáticas sobre a bienalidade da produtividade do café arábica na região de Mococa, SP. In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Fortaleza, p.155-156, 2001.

FERRAZ, E.C. Estudos sobre o momento em que a geada danifica as folhas do cafeeiro. 1968. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FONSECA, E.L. da; FORMAGGIO, A.R.; PONZONI, F.J. Parametrização de modelo agrometeorológico-espectral para estimativa da produção de pastagens do bioma *Campos Sulinos* (RS). In: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, p.127-134, 2005.

FRANCO, C.M. Fisiologia do cafeeiro. Campinas: Secretaria da Agricultura, Centro de Treinamento, 1962. 40p.

FRANCO, C.M. Fisiologia do cafeeiro. In: Cultura e adubação do cafeeiro. Instituto Brasileiro de Potassa, São Paulo, p.58-76, 1963.

GALLO, P.B. Comportamento de progênie de café Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) em Mococa, SP. 1995. 53p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GOUVEIA, N. M. Estudo da diferenciação e crescimento de gemas florais de *Coffea arabica* L: observações sobre a antese e maturação dos frutos. 1984. 237p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, p.137–157, 2000.

HUXLEY, P.A.; ISMAIL, S. A. Floral atrophy and fruit set in arabica coffee in Kenya. **Turrialba,** v. 19, n. 3, p.345-354, 1970.

IPEA - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Variações climáticas e flutuações de oferta agrícola no Centro-Sul do Brasil. Brasília, 419p. (Relatório de Pesquisa Estudos para o planejamento, 1), 1972.

KING, D. Remote sensing and agrometeorological models for yield forecasts. Ispra: Joint Research Centre, 1989. 25p.

KRUG, C.A. World coffee survey. Roma: FAO, 1959. 292p.

LAINS E SILVA, H. Contribuição para o estudo das causas de variação anual de produção de café. **Revista do café português**, v.3; n. 10; p.13-28; 1956.

MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Coffee. In: Alvim, P.T.; Kozlwski, F. (eds). Ecophysiology of tropical crops. New York, Academic Press, p. 249-278, 1977.

MAGALHÃES, A.C.; ANGELOCCI, L.L. Sudden alterations in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. **Journal of Horticultural Science,** London, v. 51, p.419-423, 1976.

MATZENAUER, R. Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. 1994. 172p. Tese (Doutorado). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MEIRELES, E.J.L. Fenologia do Cafeeiro: Condições Agrometeorológicas e Balanço Hídrico – Ano Agrícola 2002-2003. In: Meireles, E.J.L.; Camargo, M.B.P.; Fahl, J.I.; Thomaziello, R.A.; Pezzopane, J.R.M.; Nacif, A.P. ; Bardin, L. (eds). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 43 p. (Embrapa Café. Documentos, 2), 2004.

MES, M.G. Estudos sobre o florescimento de *Coffea arabica* L. New York: IBEC Research Institute. n.14. 1957. 48p.

MONTGOMERY, D.G. Design and analysis of experiments. In: Johr Wiley & Sons (eds), New York, 2001.

MOTA, F.S. da. Previsão e probabilidade agrometeorológica do rendimento de cereais no Brasil: uma revisão. In: Anais do III Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Campinas, p.347-361, 1983.

MURTHY, V.R.K. Crop growth modeling and its applications in agricultural meteorology. In: Sivakumar, M.V.K.; Roy, P.S.; Harmsen, K.; Saha, S.K. (eds.). Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology. Dehra Dun, India: AGM-8, WMO/TD, n.1182, p.235-261, 2003.

NARASIMHASWAMY, R. L. Report on visit to coffee areas in Ethiopia. In: Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO coffee mission to Ethiopia 1964-65). Roma, p.33-48, 1968.

ORTOLANI, A.A. Relação clima-cafeicultura na região de Marília. In: Encontro Regional de Café de Marília, Marília: CATI/SSA, p.1-27, 1991.

ORTOLANI, A.A.; PINTO, H.S.; PEREIRA, A.R.; ALFONSI, R.R. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro: MIC-IBC, GERCA, 1970. 27p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas. Guaíba: Agropecuárias. 2002. 465p.

PICINI, A. G. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a partir do monitoramento da disponibilidade hídrica do solo. 1998. 132p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PICINI, A.G.; CAMARGO, M.B.P.; ORTOLANI, A.A.; FAZUOLI, L.C.; GALLO, P.B. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia,** Campinas, v. 58, n. 1, p.157-170, 1999.

PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P.; CORAL, G.; BARBANO, M.T. Um modelo para estimativa de danos causados por geadas em cafezais. In: Resumos expandidos do 1º Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas, v. 1, p.120-122, 2000.

RENA, A.B.; BARROS, R.S. Aspectos críticos no estudo da floração do café. In: Zambolim, L. (ed). Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café. Viçosa: UFV, cap.5, p.149-167, 2004.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.11, n.126, p. 26-40, 1985.

ROBERTSON, G.W. Guidelines on crop-weather models. Geneve: World Meteorological Organization, 115 p. (World Climate Aplication Programmer, 50), 1983.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** Santa Maria, v. 6, n. 1, p.133-137, 1998.

SANTOS, M.A. Parametrização de coeficientes de sensibilidade e teste de modelos agrometeorológicos de estimativa de quebra de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2005. 138p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agronômico, IAC/APTA, Campinas.

SEDIYAMA, G.C.; RIBEIRO, A.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N da; COSTA, L. C.; COSTA, M.H.; MELO JÚNIOR, J.C.F. de; SANTOS, A.R. dos**.** Zoneamento climático do cafeeiro para o estado de Minas Gerais. Viçosa: Embrapa/Funarbe-UFV, 15p., mais anexos, 1999.

SILVA, G.L.S.P.; VICENTE, J.R. & CASER, D.V. Variações do tempo e produtividade agrícola: um subsídio à previsão de safras no Estado de São Paulo. Campinas, Fundação Cargill, 148 p, 1986.

SILVA, G.L.S.P.; VICENTE, J.R.; CASER, D.V. Avaliação de previsões de rendimento de culturas no Estado de São Paulo, fornecidas por modelos agrometeorológicos, anos agrícolas 1984/85 e 1985/86. **Informações Econômicas,** v.17, n.6, p.61-45, 1987.

SILVA, E.A.; MAZZAFERA, P.; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; MATTOSO, L.H.C.; CARVALHO, C.R.L.; PIRES, R.C.M. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. **Brazilian Journal of Plant Physiology,** v. 17, n. 2, p.229-238, 2005.

SOARES, A.R.; MANTOVANI, E.C.; RENA, A.B.; SOARES, A.A. Irrigation and physiology of mature coffee blooming in the Zona da Mata region (Viçosa) - state of Minas Gerais – Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy.** Maringá, v. 27, n.1, p.117-125, 2005.

STEWART, J.I.; HAGAN, R.M.; PRUIT, W.O. Production function and predicted irrigation programmers for principal crops as required for water resources planning and increased water use efficiency: final report. Washington: U.S. Departament of Interior, 1976. 80p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geography Review**, v 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. In: Centerton, N. J. (ed), 104p. (Publ. in Climatology, v. 8, n. 1), 1955.

TOSELLO, R.N.; ARRUDA, H.V. de. Correlação entre estimativas oficiais de produção de café e precipitação pluviométrica, no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 21, p. 449-465, 1962.

THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. Café arábica: cultura e técnicas de produção. Campinas: Instituto Agronômico, 82p, (Boletim Técnico, 187), 2000.

WEILL, M.A.M. Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo na produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) na região de Marília e Garça, SP. 1990. 182p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WILMOTT, C.J., ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J., et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geography Research.** v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.

WINTGENS, J. N. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. In: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA (eds). Weinheim, p.12-24, 2004.

7 ANEXOS

Anexo 1 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Campinas (SP), referente aos anos de 1993 e 1994.

1993

Dec	Tmed (C°)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,9	88,0	44,5	44,5	43,5	100,0	8,0	0,0		
2	23,7	102,0	41,1	41,1	60,9	100,0	60,9	0,0		
3	24,8	11,0	48,7	42,4	-37,7	68,6	0,0	6,3		
4	23,4	55,0	38,2	38,2	16,8	85,4	0,0	0,0		
5	23,4	129,0	38,2	38,2	90,8	100,0	76,2	0,0		
6	22,4	156,0	28,6	28,6	127,4	100,0	127,4	0,0		
7	25,0	13,0	37,2	34,5	-24,2	78,5	0,0	2,7		
8	24,3	35,0	36,3	36,0	-1,3	77,5	0,0	0,3		
9	23,1	74,0	36,8	36,8	37,2	100,0	14,7	0,0		
10	22,9	51,0	27,1	27,1	23,9	100,0	23,9	0,0	27	129
11	23,4	11,0	28,2	26,8	-17,2	84,2	0,0	1,4	55	263
12	22,4	23,0	26,4	25,8	-3,4	81,4	0,0	0,6	82	387
13	21,8	23,0	21,8	21,8	1,3	82,7	0,0	0,0	104	505
14	19,7	21,0	19,7	19,7	1,3	84,0	0,0	0,0	123	602
15	18,6	56,0	20,5	20,5	35,5	100,0	19,5	0,0	144	688
16	19,1	21,0	17,0	17,0	4,0	100,0	4,0	0,0	161	779
17	16,8	21,0	15,0	15,0	6,0	100,0	6,0	0,0	176	847
18	18,3	0,0	16,3	15,0	-16,3	85,0	0,0	1,3	192	930
19	20,8	0,0	19,5	15,1	-19,5	69,9	0,0	4,5	212	1038
20	18,6	12,0	17,5	15,7	-5,5	66,2	0,0	1,7	229	1124
21	18,7	0,0	19,3	11,6	-19,3	54,6	0,0	7,7	248	1211
22	18,4	0,0	20,0	9,9	-20,0	44,7	0,0	10,1	268	1295
23	17,1	0,0	18,6	7,6	-18,6	37,1	0,0	11,0	287	1366
24	19,6	38,0	23,5	23,5	14,5	51,6	0,0	0,0	310	1462
25	21,9	3,0	28,3	14,5	-25,3	40,1	0,0	13,8	339	1581
26	19,8	40,0	25,6	25,6	14,4	54,5	0,0	0,0	364	1679
27	20,8	86,0	26,9	26,9	59,1	100,0	13,6	0,0	391	1787
28	21,6	25,0	32,8	32,5	-7,8	92,5	0,0	0,3	424	1903
29	24,6	20,0	39,2	36,2	-19,2	76,3	0,0	3,0	463	2049
30	23,3	24,0	39,8	35,1	-15,8	65,2	0,0	4,6	503	2182
31	24,3	29,0	42,0	37,0	-13,0	57,2	0,0	5,1	545	2325
32	26,2	35,0	49,8	42,8	-14,8	49,4	0,0	6,9	595	2487
33	24,9	42,0	43,2	42,6	-1,2	48,8	0,0	0,6	638	2636
34	26,2	63,0	51,5	51,5	11,5	60,3	0,0	0,0		
35	24,5	76,0	44,0	44,0	32,0	92,3	0,0	0,0		
36	22,2	60,0	41,8	41,8	18,2	100,0	10,5	0,0		

1994

Dec	Tmed (C°)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	23,2	50,0	40,2	40,2	9,8	100,0	9,8	0,0		
2	24,0	52,0	42,9	42,9	9,1	100,0	9,1	0,0		
3	25,1	109,0	51,7	51,7	57,3	100,0	57,3	0,0		
4	25,9	109,0	45,6	45,6	63,4	100,0	63,4	0,0		
5	26,3	59,0	48,4	48,4	10,6	100,0	10,6	0,0		
6	25,4	89,0	35,8	35,8	53,2	100,0	53,2	0,0		
7	22,6	69,0	32,1	32,1	36,9	100,0	36,9	0,0		
8	24,3	61,0	36,2	36,2	24,8	100,0	24,8	0,0		
9	23,7	17,0	37,8	35,8	-20,8	81,2	0,0	2,0		
10	21,5	7,0	25,4	20,6	-18,4	67,6	0,0	4,7	25	115
11	22,3	12,0	26,4	21,0	-14,4	58,5	0,0	5,3	52	238
12	23,5	30,0	28,3	28,3	1,7	60,2	0,0	0,0	80	373
13	23,0	4,0	23,0	14,4	-19,0	49,8	0,0	8,6	103	503
14	19,3	41,0	19,3	19,3	21,7	71,5	0,0	0,0	122	596
15	20,5	17,0	22,5	20,8	-5,5	67,7	0,0	1,7	145	701
16	18,8	1,0	16,7	10,8	-15,7	57,9	0,0	5,9	162	789
17	19,1	0,0	17,0	9,0	-17,0	48,8	0,0	8,0	179	880
18	15,2	33,0	13,6	13,6	19,4	68,3	0,0	0,0	192	932
19	17,5	5,0	16,5	12,4	-11,5	60,9	0,0	4,1	209	1007
20	18,2	0,0	17,1	9,6	-17,1	51,3	0,0	7,5	226	1089
21	20,8	26,0	21,5	21,5	4,5	55,8	0,0	0,0	247	1197
22	18,3	0,0	19,9	10,1	-19,9	45,7	0,0	9,9	267	1280
23	19,7	0,0	21,4	8,8	-21,4	36,9	0,0	12,6	289	1377
24	21,6	0,0	25,9	8,4	-25,9	28,5	0,0	17,5	315	1493
25	21,5	0,0	27,7	6,9	-27,7	21,6	0,0	20,8	342	1608
26	22,9	0,0	29,6	5,5	-29,6	16,1	0,0	24,1	372	1737
27	24,5	0,0	33,2	4,5	-33,2	11,5	0,0	28,7	405	1882
28	25,1	6,0	41,9	9,5	-35,9	8,0	0,0	32,5	447	2033
29	26,3	1,0	46,0	3,9	-45,0	5,1	0,0	42,1	493	2196
30	23,7	48,0	40,5	40,5	7,5	12,6	0,0	0,0	533	2333
31	26,1	40,0	49,6	41,2	-9,6	11,5	0,0	8,4	583	2494
32	24,4	85,0	42,3	42,3	42,7	54,2	0,0	0,0	625	2638
33	22,0	43,0	36,2	36,2	6,8	61,0	0,0	0,0	662	2758
34	25,0	3,0	44,8	23,8	-41,8	40,1	0,0	21,0		
35	25,4	193,0	47,7	47,7	145,3	100,0	85,4	0,0		
36	25,2	106,0	52,2	52,2	53,8	100,0	53,8	0,0		

Anexo 2 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Campinas (SP), referente aos anos de 1995 e 1996.

1995

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	25,1	58,0	46,9	46,9	11,1	100,0	11,1	0,0		
2	26,6	48,0	52,0	51,9	-4,0	96,1	0,0	0,1		
3	24,8	67,0	48,7	48,7	18,3	100,0	14,4	0,0		
4	22,7	233,0	36,4	36,4	196,6	100,0	196,6	0,0		
5	23,7	101,0	38,6	38,6	62,4	100,0	62,4	0,0		
6	26,4	17,0	38,8	36,6	-21,8	80,4	0,0	2,2		
7	25,0	120,0	39,1	39,1	80,9	100,0	61,3	0,0		
8	22,9	32,0	32,6	32,6	-0,6	99,4	0,0	0,0		
9	23,5	106,0	37,4	37,4	68,6	100,0	68,0	0,0		
10	23,1	36,0	27,8	27,8	8,2	100,0	8,2	0,0	28	131
11	21,2	15,0	25,0	24,6	-10,0	90,4	0,0	0,5	53	243
12	22,1	35,0	26,0	26,0	9,0	99,4	0,0	0,0	79	364
13	21,2	43,0	21,2	21,2	21,8	100,0	21,2	0,0	100	476
14	20,4	25,0	20,4	20,4	4,6	100,0	4,6	0,0	120	580
15	18,7	1,0	20,6	18,8	-19,6	82,2	0,0	1,8	141	667
16	18,1	0,0	16,1	12,2	-16,1	70,0	0,0	3,9	157	748
17	19,0	23,0	16,9	16,9	6,1	76,1	0,0	0,0	174	838
18	19,1	10,0	17,0	15,1	-7,0	70,9	0,0	1,8	191	929
19	19,0	45,0	17,9	17,9	27,1	98,0	0,0	0,0	209	1019
20	20,6	0,0	19,4	17,3	-19,4	80,8	0,0	2,1	228	1125
21	20,0	5,0	20,7	16,7	-15,7	69,1	0,0	4,0	249	1225
22	20,8	1,0	22,6	14,4	-21,6	55,6	0,0	8,2	272	1333
23	22,6	0,0	24,6	12,1	-24,6	43,5	0,0	12,5	296	1459
24	22,8	0,0	27,4	10,4	-27,4	33,1	0,0	17,0	324	1587
25	21,7	0,0	28,0	8,1	-28,0	25,0	0,0	19,9	352	1704
26	22,1	25,0	28,5	25,9	-3,5	24,2	0,0	2,6	380	1825
27	21,1	44,0	27,2	27,2	16,8	40,9	0,0	0,0	407	1936
28	23,4	4,0	36,3	15,3	-32,3	29,6	0,0	21,0	444	2070
29	21,2	109,0	32,3	32,3	76,7	100,0	6,4	0,0	476	2182
30	21,2	61,0	35,4	35,4	25,6	100,0	25,6	0,0	511	2294
31	24,1	12,0	41,7	37,7	-29,7	74,3	0,0	4,0	553	2435
32	22,6	30,0	37,3	35,2	-7,3	69,1	0,0	2,1	590	2561
33	23,7	39,0	39,8	39,6	-0,8	68,5	0,0	0,3	630	2698
34	24,8	0,0	44,5	24,6	-44,5	43,9	0,0	19,9		
35	23,6	167,0	41,2	41,2	125,8	100,0	69,7	0,0		
36	23,9	81,0	45,9	45,9	35,1	100,0	35,1	0,0		

1996

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	23,0	256,0	39,1	39,1	216,9	100,0	216,9	0,0		
2	25,6	38,0	47,9	47,5	-9,9	90,5	0,0	0,5		
3	26,6	27,0	57,1	50,5	-30,1	67,0	0,0	6,6		
4	25,4	119,0	44,8	44,8	74,2	100,0	41,2	0,0		
5	24,8	30,0	41,6	41,0	-11,6	89,0	0,0	0,6		
6	25,6	64,0	40,5	40,5	23,5	100,0	12,5	0,0		
7	24,0	124,0	35,8	35,8	88,2	100,0	88,2	0,0		
8	23,9	61,0	34,7	34,7	26,3	100,0	26,3	0,0		
9	25,2	13,0	43,3	39,1	-30,3	73,9	0,0	4,1		
10	25,6	46,0	33,2	33,2	12,8	86,7	0,0	0,0	33	156

Anexo 3 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Campinas (SP), referente aos anos de 1997 e 1998.

1997

Dec	Tmed (C°)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,1	22,0	43,1	41,0	-21,1	81,0	0,0	2,1		
2	24,5	177,0	43,8	43,8	133,2	100,0	114,2	0,0		
3	24,1	158,0	47,3	47,3	110,7	100,0	110,7	0,0		
4	24,9	58,0	41,7	41,7	16,3	100,0	16,3	0,0		
5	24,2	134,0	40,7	40,7	93,3	100,0	93,3	0,0		
6	25,5	3,0	35,9	31,1	-32,9	71,9	0,0	4,9		
7	23,8	56,0	34,4	34,4	21,6	93,5	0,0	0,0		
8	24,0	3,0	34,7	28,4	-31,7	68,1	0,0	6,3		
9	22,1	4,0	34,5	21,9	-30,5	50,2	0,0	12,6		
10	22,0	20,0	26,0	22,9	-6,0	47,3	0,0	3,1	26	120
11	22,0	20,0	25,9	22,7	-5,9	44,6	0,0	3,2	52	240
12	21,6	5,0	25,5	13,3	-20,5	36,3	0,0	12,2	77	356
13	21,9	0,0	21,9	7,1	-21,9	29,2	0,0	14,7	99	475
14	19,9	0,0	19,9	5,3	-19,9	23,9	0,0	14,7	119	574
15	17,4	71,0	19,1	19,1	51,9	75,8	0,0	0,0	138	648

Anexo 4 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Campinas (SP), referente aos anos de 1999 e 2000.

1999

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,1	139,0	43,0	43,0	96,0	100,0	96,0	0,0		
2	25,3	223,0	47,3	47,3	175,7	100,0	175,7	0,0		
3	25,8	57,0	53,0	53,0	4,0	100,0	4,0	0,0		
4	24,8	136,0	41,6	41,6	94,4	100,0	94,4	0,0		
5	25,2	39,0	44,3	44,1	-5,3	94,9	0,0	0,1		
6	23,7	54,0	30,9	30,9	23,1	100,0	17,9	0,0		
7	24,7	15,0	36,8	34,6	-21,8	80,4	0,0	2,2		
8	23,6	95,0	34,2	34,2	60,8	100,0	41,2	0,0		
9	25,2	30,0	43,3	42,5	-13,3	87,5	0,0	0,9		
10	24,8	0,0	30,7	23,2	-30,7	64,4	0,0	7,6	31	148
11	19,6	48,0	23,1	23,1	24,9	89,2	0,0	0,0	54	244
12	20,4	0,0	24,1	19,1	-24,1	70,1	0,0	5,0	78	348
13	21,0	40,0	21,0	21,0	19,0	89,1	0,0	0,0	99	458
14	17,7	1,0	17,7	14,7	-16,7	75,4	0,0	3,0	117	535
15	17,5	6,0	19,3	15,4	-13,3	66,0	0,0	3,9	136	610
16	18,1	7,0	16,1	12,7	-9,1	60,3	0,0	3,3	152	691
17	17,8	26,0	15,9	15,9	10,1	70,4	0,0	0,0	168	769
18	17,5	37,0	15,6	15,6	21,4	91,8	0,0	0,0	184	844
19	18,6	0,0	17,5	14,7	-17,5	77,1	0,0	2,8	201	930
20	20,0	0,0	18,8	13,2	-18,8	63,9	0,0	5,6	220	1030
21	20,2	0,0	20,9	12,0	-20,9	51,8	0,0	8,9	241	1132
22	19,0	0,0	20,7	9,7	-20,7	42,1	0,0	11,0	261	1222
23	17,6	0,0	19,2	7,4	-19,2	34,8	0,0	11,8	281	1298
24	22,4	0,0	26,8	8,2	-26,8	26,6	0,0	18,6	307	1422
25	23,4	36,0	30,8	30,8	5,2	31,8	0,0	0,0	338	1556
26	19,8	29,0	25,5	25,5	3,5	35,3	0,0	0,0	364	1654
27	20,8	0,0	26,9	8,3	-26,9	27,0	0,0	18,6	391	1762
28	20,3	18,0	30,9	21,3	-12,9	23,7	0,0	9,6	422	1865
29	23,1	8,0	35,8	13,8	-27,8	17,9	0,0	22,0	457	1996
30	21,1	10,0	35,3	14,0	-25,3	13,9	0,0	21,3	493	2107
31	22,1	8,0	36,4	11,4	-28,4	10,5	0,0	25,0	529	2228
32	20,1	49,0	33,2	33,2	15,8	26,3	0,0	0,0	562	2329
33	23,0	31,0	38,8	33,0	-7,8	24,4	0,0	5,8	601	2459
34	23,9	79,0	41,6	41,6	37,4	61,8	0,0	0,0		
35	22,9	89,0	39,2	39,2	49,8	100,0	11,6	0,0		
36	25,2	6,0	52,2	43,0	-46,2	63,0	0,0	9,2		

2000

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	23,9	189,0	41,4	41,4	147,6	100,0	110,6	0,0		
2	25,8	19,0	48,2	44,3	-29,2	74,7	0,0	3,9		
3	24,3	87,0	47,6	47,6	39,4	100,0	14,0	0,0		
4	24,5	74,0	41,1	41,1	32,9	100,0	32,9	0,0		
5	23,2	127,0	37,9	37,9	89,1	100,0	89,1	0,0		
6	25,6	50,0	40,6	40,6	9,4	100,0	9,4	0,0		
7	24,4	29,0	36,4	36,1	-7,4	92,9	0,0	0,3		
8	23,1	30,0	33,4	33,1	-3,4	89,8	0,0	0,3		
9	24,4	74,0	40,1	40,1	33,9	100,0	23,7	0,0		
10	23,0	0,0	27,7	24,2	-27,7	75,8	0,0	3,5	28	130
11	23,2	1,0	27,9	18,9	-26,9	57,9	0,0	9,0	56	262
12	21,0	0,0	24,7	12,7	-24,7	45,2	0,0	12,0	80	372
13	22,1	3,0	22,1	10,8	-19,1	37,4	0,0	11,2	102	493
14	18,6	0,0	18,6	6,4	-18,6	31,0	0,0	12,3	121	579
15	18,2	0,0	20,0	5,6	-20,0	25,4	0,0	14,4	141	661
16	19,4	0,0	17,3	4,0	-17,3	21,4	0,0	13,2	158	755
17	21,0	0,0	18,7	3,6	-18,7	17,7	0,0	15,0	177	865
18	19,5	5,0	17,3	7,1	-12,3	15,7	0,0	10,3	194	960
19	20,2	2,0	19,0	4,4	-17,0	13,2	0,0	14,5	213	1062
20	14,7	42,0	13,8	13,8	28,2	41,5	0,0	0,0	227	1109
21	17,2	39,0	17,8	17,8	21,2	62,7	0,0	0,0	245	1181

Anexo 5 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Campinas (SP), referente aos anos de 2001 e 2002.

2001

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,9	24,0	44,4	42,4	-20,4	81,6	0,0	1,9		
2	25,3	22,0	47,4	40,3	-25,4	63,3	0,0	7,1		
3	24,8	123,0	48,7	48,7	74,3	100,0	37,6	0,0		
4	25,2	183,0	44,4	44,4	138,6	100,0	138,6	0,0		
5	25,0	131,0	44,0	44,0	87,0	100,0	87,0	0,0		
6	25,6	4,0	36,1	31,4	-32,1	72,6	0,0	4,6		
7	23,9	50,0	34,6	34,6	15,4	88,0	0,0	0,0		
8	25,1	27,0	39,3	37,1	-12,3	77,8	0,0	2,1		
9	25,2	37,0	43,2	41,7	-6,2	73,1	0,0	1,5		
10	24,0	22,0	29,8	27,5	-7,8	67,7	0,0	2,3	30	140
11	22,9	2,0	27,0	17,0	-25,0	52,7	0,0	10,1	57	269
12	24,3	2,0	30,1	14,9	-28,1	39,8	0,0	15,2	87	412
13	20,6	16,0	20,6	17,8	-4,6	38,0	0,0	2,8	108	518
14	17,6	47,0	17,6	17,6	29,4	67,4	0,0	0,0	125	594
15	19,7	26,0	21,7	21,7	4,3	71,7	0,0	0,0	147	691
16	21,7	0,0	19,3	12,6	-19,3	59,1	0,0	6,7	166	808
17	19,4	4,0	17,2	11,3	-13,2	51,8	0,0	5,9	183	902
18	16,1	17,0	14,3	14,3	2,7	54,5	0,0	0,0	198	963
19	19,6	0,0	18,5	9,2	-18,5	45,3	0,0	9,3	216	1059
20	19,5	3,0	18,3	9,4	-15,3	38,9	0,0	8,9	234	1154
21	18,7	8,0	19,3	12,2	-11,3	34,7	0,0	7,1	254	1241
22	20,6	0,0	22,4	7,0	-22,4	27,8	0,0	15,4	276	1347
23	20,7	0,0	22,6	5,6	-22,6	22,2	0,0	17,0	299	1454

Anexo 6 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Campinas (SP), referente aos anos de 2003 e 2004.

2003

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	25,9	84,0	48,5	48,5	35,5	100,0	35,5	0,0		
2	24,4	131,0	43,6	43,6	87,4	100,0	87,4	0,0		
3	23,4	171,0	44,5	44,5	126,5	100,0	126,5	0,0		
4	26,8	20,0	49,4	45,5	-29,4	74,5	0,0	3,9		
5	23,9	183,0	39,0	39,0	144,0	100,0	118,5	0,0		
6	27,1	13,0	41,6	37,8	-28,6	75,2	0,0	3,7		
7	25,4	55,0	39,6	39,6	15,4	90,5	0,0	0,0		
8	24,5	17,0	36,5	33,0	-19,5	74,5	0,0	3,5		
9	23,1	12,0	36,7	28,3	-24,7	58,2	0,0	8,4		
10	22,4	16,0	26,5	21,8	-10,5	52,4	0,0	4,7	27	124
11	21,6	23,0	25,5	24,3	-2,5	51,1	0,0	1,2	52	240
12	24,6	23,0	30,4	26,7	-7,4	47,4	0,0	3,8	82	386
13	18,3	36,0	18,3	18,3	17,7	65,2	0,0	0,0	101	469
14	21,0	0,0	21,0	12,3	-21,0	52,8	0,0	8,6	122	579
15	18,9	14,0	20,7	17,4	-6,7	49,4	0,0	3,3	142	668
16	21,5	5,0	19,2	11,5	-14,2	42,9	0,0	7,6	162	783
17	21,1	6,0	18,8	11,2	-12,8	37,7	0,0	7,6	180	894
18	18,9	0,0	16,9	5,9	-16,9	31,9	0,0	11,0	197	983
19	19,3	0,0	18,1	5,3	-18,1	26,6	0,0	12,8	215	1076
20	18,7	22,0	17,6	17,6	4,4	31,0	0,0	0,0	233	1163
21	21,0	0,0	21,7	6,1	-21,7	24,9	0,0	15,7	255	1273
22	20,2	15,0	22,0	16,7	-7,0	23,3	0,0	5,3	277	1375
23	17,7	0,0	19,3	4,1	-19,3	19,2	0,0	15,2	296	1452
24	19,6	3,0	23,5	6,6	-20,5	15,6	0,0	16,9	320	1548
25	21,7	0,0	28,0	3,8	-28,0	11,8	0,0	24,1	348	1665
26	20,4	18,0	26,3	18,9	-8,3	10,9	0,0	7,3	374	1769
27	24,5	2,0	33,2	4,9	-31,2	8,0	0,0	28,3	407	1914
28	24,4	32,0	38,9	32,5	-6,9	7,4	0,0	6,4	446	2058
29	21,5	43,0	32,6	32,6	10,4	17,8	0,0	0,0	479	2173
30	23,7	11,0	40,3	15,5	-29,3	13,3	0,0	24,8	519	2310
31	21,7	53,0	35,9	35,9	17,1	30,4	0,0	0,0	555	2427
32	24,1	139,0	41,8	41,8	97,2	100,0	27,6	0,0	597	2568
33	23,9	30,0	40,1	39,6	-10,1	90,4	0,0	0,5	637	2707
34	24,1	185,0	43,2	43,2	141,8	100,0	132,1	0,0		
35	25,3	52,0	47,5	47,5	4,5	100,0	4,5	0,0		
36	23,9	69,0	45,9	45,9	23,1	100,0	23,1	0,0		

2004

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	22,4	73,0	38,1	38,1	34,9	100,0	34,9	0,0		
2	24,6	12,0	43,9	39,3	-31,9	72,7	0,0	4,6		
3	24,1	91,0	47,4	47,4	43,6	100,0	16,3	0,0		
4	24,2	34,0	40,6	40,4	-6,6	93,6	0,0	0,2		
5	24,5	24,0	41,1	38,7	-17,1	78,9	0,0	2,4		
6	22,1	98,0	31,8	31,8	66,2	100,0	45,0	0,0		
7	24,4	40,0	36,4	36,4	3,6	100,0	3,6	0,0		
8	23,7	15,0	34,3	32,6	-19,3	82,4	0,0	1,8		
9	21,9	10,0	34,2	27,7	-24,2	64,8	0,0	6,5		
10	23,8	15,0	28,7	23,3	-13,7	56,5	0,0	5,4	29	138
11	23,5	31,0	28,2	28,2	2,8	59,2	0,0	0,0	57	273
12	21,8	1,0	25,7	14,0	-24,7	46,3	0,0	11,7	83	391
13	20,3	48,0	20,3	20,3	27,7	73,9	0,0	0,0	103	494
14	18,0	13,0	18,0	16,6	-5,0	70,3	0,0	1,4	121	574
15	17,8	55,0	19,6	19,6	35,4	100,0	5,8	0,0	141	652
16	16,9	44,0	15,1	15,1	28,9	100,0	28,9	0,0	156	721
17	17,4	15,0	15,5	15,5	-0,5	99,5	0,0	0,0	171	795
18	20,2	0,0	18,0	16,4	-18,0	83,1	0,0	1,6	189	897
19	20,2	4,0	19,0	15,6	-15,0	71,6	0,0	3,4	208	999
20	17,8	88,0	16,7	16,7	71,3	100,0	42,9	0,0	225	1077
21	15,9	0,0	16,5	15,2	-16,5	84,8	0,0	1,3	241	1136
22	18,4	0,0	20,1	15,4	-20,1	69,4	0,0	4,6	261	1220
23	18,9	0,0	20,6	12,9	-20,6	56,5	0,0	7,7	282	1309
24	22,3	0,0	26,7	13,2	-26,7	43,2	0,0	13,5	309	1432
25	24,4	0,0	33,1	12,2	-33,1	31,1	0,0	20,9	342	1576
26	22,2	27,0	28,7	27,5	-1,7	30,5	0,0	1,2	371	1698
27	25,4	0,0	36,0	9,2	-36,0	21,3	0,0	26,8	407	1852
28	19,3	20,0	29,3	21,9	-9,3	19,4	0,0	7,4	436	1945
29	22,2	110,0	33,7	33,7	76,3	95,7	0,0	0,0	470	2067
30	22,3	71,0	37,3	37,3	33,7	100,0	29,4	0,0	507	2190
31	23,6	14,0	39,7	36,7	-25,7	77,3	0,0	3,0	547	2326

Anexo 7 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de

2005										
Dec	**Tmed (Cº)**	**Prec (mm)**	**ETp (mm)**	**ETr (mm)**	**P-EP (mm)**	**Armaz. (mm)**	**Exc. (mm)**	**Def. (mm)**	**Etp Acum. (mm)**	**GD**
1	24,9	127,0	44,5	44,5	82,5	100,0	82,5	0,0		
2	24,5	190,0	43,7	43,7	146,3	100,0	146,3	0,0		
3	23,1	132,0	44,1	44,1	87,9	100,0	87,9	0,0		
4	23,6	0,0	38,4	31,9	-38,4	68,1	0,0	6,5		
5	24,2	48,0	40,7	40,7	7,3	75,4	0,0	0,0		
6	25,4	49,0	35,8	35,8	13,2	88,6	0,0	0,0		
7	24,5	0,0	36,5	27,1	-36,5	61,5	0,0	9,4		
8	25,2	191,0	39,4	39,4	151,6	100,0	113,1	0,0		
9	23,9	117,0	38,0	38,0	79,0	100,0	79,0	0,0		
10	26,3	35,0	35,6	35,6	-0,6	99,4	0,0	0,0	36	163
11	24,7	0,0	30,7	26,2	-30,7	73,1	0,0	4,4	66	310
12	21,1	6,0	24,9	18,6	-18,9	60,5	0,0	6,3	91	421
13	20,6	1,0	20,6	11,8	-19,6	49,8	0,0	8,8	112	527
14	22,9	0,0	22,9	10,2	-22,9	39,6	0,0	12,7	135	656
15	20,0	163,0	22,0	22,0	141,0	100,0	80,5	0,0	157	756
16	21,1	0,0	18,8	17,1	-18,8	82,9	0,0	1,7	176	867
17	20,5	0,0	18,2	13,8	-18,2	69,1	0,0	4,4	194	972
18	18,7	43,0	16,6	16,6	26,4	95,5	0,0	0,0	210	1059
19	18,4	0,0	17,3	15,2	-17,3	80,3	0,0	2,1	228	1143
20	18,1	0,0	17,0	12,6	-17,0	67,8	0,0	4,4	245	1224
21	19,3	6,0	19,9	14,8	-13,9	58,9	0,0	5,1	265	1317
22	19,9	0,0	21,7	11,5	-21,7	47,4	0,0	10,2	286	1416
23	21,0	0,0	22,9	9,7	-22,9	37,7	0,0	13,2	309	1526
24	23,1	17,0	28,3	21,0	-11,3	33,7	0,0	7,3	337	1657
25	21,5	30,0	27,7	27,7	2,3	36,0	0,0	0,0	365	1772
26	21,6	8,0	27,9	14,5	-19,9	29,5	0,0	13,4	393	1888
27	20,0	11,0	25,8	15,1	-14,8	25,4	0,0	10,7	419	1988
28	24,3	95,0	38,8	38,8	56,2	81,7	0,0	0,0	458	2131
29	24,5	48,0	39,1	39,1	8,9	90,5	0,0	0,0	497	2276
30	23,8	63,0	40,5	40,5	22,5	100,0	13,0	0,0	537	2414
31	22,8	6,0	37,5	33,1	-31,5	72,9	0,0	4,5	575	2542
32	23,8	19,0	40,1	32,9	-21,1	59,1	0,0	7,2	615	2680
33	23,3	13,0	39,3	26,6	-26,3	45,4	0,0	12,6	654	2813
34	23,0	60,0	40,2	40,2	19,8	65,2	0,0	0,0		
35	23,2	42,0	40,4	40,4	1,6	66,9	0,0	0,0		
36	24,4	40,0	48,3	45,3	-8,3	61,5	0,0	3,0		

Campinas (SP), referente ao ano de 2005.

Anexo 8 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Mococa (SP), referente aos anos de 1993 e 1994.

1993

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,0	45,0	41,1	41,1	3,9	94,9	0,0	0,4		
2	21,4	46,0	36,0	36,0	10,0	100,0	5,0	0,0		
3	23,6	92,0	44,5	44,5	47,5	100,0	47,5	0,0		
4	23,5	79,0	38,4	38,4	40,6	100,0	40,6	0,0		
5	23,6	51,0	38,5	38,5	12,5	100,0	12,5	0,0		
6	22,7	39,0	29,0	29,0	10,0	100,0	10,0	0,0		
7	24,9	35,0	37,7	37,7	-2,7	97,3	0,0	0,0		
8	24,5	35,0	37,1	37,0	-2,1	95,3	0,0	0,1		
9	23,6	67,0	38,1	38,1	28,9	100,0	24,2	0,0		
10	23,1	70,0	28,7	28,7	41,3	100,0	41,3	0,0	29	131
11	23,3	44,0	28,9	28,9	15,1	100,0	15,1	0,0	58	264
12	22,2	50,0	27,1	27,1	22,9	100,0	22,9	0,0	85	386
13	21,7	25,0	22,6	22,6	2,4	100,0	2,4	0,0	107	503
14	19,6	19,0	20,3	20,3	-1,3	98,7	0,0	0,0	128	599
15	18,1	80,0	20,7	20,7	59,3	100,0	58,0	0,0	148	680
16	20,0	28,0	18,6	18,6	9,4	100,0	9,4	0,0	167	780
17	16,8	17,0	15,6	15,6	1,4	100,0	1,4	0,0	183	848
18	18,6	0,0	17,3	15,9	-17,3	84,1	0,0	1,4	200	934
19	20,5	0,0	20,1	15,3	-20,1	68,9	0,0	6,2	220	1039
20	19,7	7,0	19,3	15,0	-12,3	60,9	0,0	10,5	239	1136
21	19,1	0,0	20,6	11,4	-20,6	49,5	0,0	19,8	260	1227
22	19,8	2,0	22,4	11,1	-20,4	40,4	0,0	31,1	282	1325
23	17,8	26,0	20,2	20,2	5,8	46,2	0,0	31,1	302	1403
24	20,3	10,0	25,2	16,5	-15,2	39,7	0,0	39,7	328	1506
25	23,6	1,0	32,0	11,6	-31,0	29,1	0,0	60,1	360	1642
26	21,2	21,0	28,2	23,0	-7,2	27,1	0,0	65,3	388	1754
27	22,7	77,0	30,2	30,2	46,8	74,0	0,0	65,3	418	1881
28	22,7	4,0	34,5	23,4	-30,5	54,5	0,0	76,3	453	2008
29	24,7	29,0	39,5	34,4	-10,5	49,1	0,0	81,4	492	2155
30	24,4	35,0	42,8	38,7	-7,8	45,4	0,0	85,5	535	2299
31	25,7	67,0	46,7	46,7	20,3	65,7	0,0	85,5	582	2456
32	26,3	10,0	49,9	31,6	-39,9	44,1	0,0	103,7	631	2619
33	25,5	39,0	46,3	42,1	-7,3	41,0	0,0	107,9	678	2774
34	26,3	58,0	51,2	51,2	6,8	47,8	0,0	107,9		
35	24,9	104,0	44,1	44,1	59,9	100,0	7,7	0,0		
36	22,2	95,0	41,2	41,2	53,8	100,0	53,8	0,0		

1994

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	22,6	68,0	37,9	37,9	30,1	100,0	30,1	0,0		

Anexo 9 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Mococa (SP), referente aos anos de 1995 e 1996.

1995

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	25,3	150,0	46,8	46,8	103,2	100,0	103,2	0,0		
2	26,7	28,0	51,5	48,9	-23,5	79,1	0,0	2,6		
3	25,0	64,0	48,5	48,5	15,5	94,6	0,0	0,0		
4	23,8	255,0	38,9	38,9	216,1	100,0	210,7	0,0		
5	24,3	137,0	40,8	40,8	96,2	100,0	96,2	0,0		
6	26,4	23,0	38,9	37,7	-15,9	85,3	0,0	1,2		
7	25,3	56,0	40,1	40,1	15,9	100,0	1,2	0,0		
8	23,5	60,0	34,5	34,5	25,5	100,0	25,5	0,0		
9	24,3	37,0	40,4	40,4	-3,4	96,6	0,0	0,1		
10	23,2	117,0	28,9	28,9	88,1	100,0	84,7	0,0	29	132
11	21,8	27,0	26,6	26,6	0,4	100,0	0,4	0,0	56	250
12	22,7	0,0	27,7	24,2	-27,7	75,8	0,0	3,5	83	377
13	22,0	48,0	22,8	22,8	25,2	100,0	1,0	0,0	106	497
14	20,7	41,0	21,5	21,5	19,5	100,0	19,5	0,0	128	604
15	19,4	0,0	22,2	19,9	-22,2	80,1	0,0	2,3	150	698
16	19,5	0,0	18,2	13,3	-18,2	66,8	0,0	4,9	168	793
17	21,1	0,0	19,7	11,9	-19,7	54,8	0,0	7,7	188	904
18	20,2	6,0	18,8	12,6	-12,8	48,2	0,0	6,2	206	1006
19	20,9	6,0	20,5	12,5	-14,5	41,7	0,0	8,0	227	1115
20	21,1	0,0	20,7	7,8	-20,7	33,9	0,0	12,9	248	1226
21	21,0	3,0	22,7	9,1	-19,7	27,9	0,0	13,6	270	1336
22	22,8	0,0	25,7	6,3	-25,7	21,5	0,0	19,4	296	1464
23	23,7	0,0	27,3	5,1	-27,3	16,4	0,0	22,2	323	1601
24	23,5	0,0	29,8	4,2	-29,8	12,2	0,0	25,5	353	1736
25	22,6	0,0	30,0	3,2	-30,0	9,0	0,0	26,8	383	1862
26	24,4	1,0	34,1	3,5	-33,1	6,5	0,0	30,5	417	2006
27	23,7	31,0	32,1	31,1	-1,1	6,4	0,0	1,1	449	2143
28	24,6	5,0	39,2	6,9	-34,2	4,6	0,0	32,3	489	2289
29	22,1	166,0	33,7	33,7	132,3	100,0	36,9	0,0	522	2410
30	22,1	38,0	36,9	36,9	1,1	100,0	1,1	0,0	559	2531
31	23,4	22,0	39,3	37,9	-17,3	84,1	0,0	1,4	598	2665
32	23,4	26,0	39,4	36,6	-13,4	73,5	0,0	2,9	638	2799
33	23,9	49,0	40,2	40,2	8,8	82,3	0,0	0,0	678	2938
34	25,2	0,0	46,9	30,8	-46,9	51,5	0,0	16,1		
35	24,6	154,0	43,6	43,6	110,4	100,0	61,9	0,0		
36	23,8	212,0	45,1	45,1	166,9	100,0	166,9	0,0		

1996

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	23,3	165,0	39,9	39,9	125,1	100,0	125,1	0,0		
2	25,3	102,0	46,8	46,8	55,2	100,0	55,2	0,0		

Anexo 10 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Mococa (SP), referente aos anos 1997 e 1998.

1997

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	23,7	57,0	40,5	40,5	16,5	100,0	16,5	0,0		
2	24,5	150,0	43,2	43,2	106,8	100,0	106,8	0,0		
3	24,3	180,0	47,1	47,1	132,9	100,0	132,9	0,0		
4	24,4	20,0	40,9	38,9	-20,9	81,1	0,0	2,0		
5	24,1	72,0	40,5	40,5	31,5	100,0	12,6	0,0		
6	25,7	40,0	36,1	36,1	3,9	100,0	3,9	0,0		
7	24,0	99,0	35,2	35,2	63,8	100,0	63,8	0,0		
8	24,0	11,0	35,2	32,5	-24,2	78,5	0,0	2,7		
9	22,5	1,0	35,7	24,0	-34,7	55,5	0,0	11,7		
10	22,5	31,0	27,5	27,5	3,5	59,0	0,0	0,0	28	125
11	22,0	1,0	26,9	14,4	-25,9	45,6	0,0	12,4	54	245
12	21,8	16,0	26,5	20,6	-10,5	41,0	0,0	6,0	81	363
13	21,6	0,0	22,5	8,3	-22,5	32,7	0,0	14,2	103	479
14	20,5	0,0	21,3	6,3	-21,3	26,5	0,0	15,0	125	584
15	18,5	109,0	21,1	21,1	87,9	100,0	14,3	0,0	146	669
16	16,6	95,0	15,5	15,5	79,5	100,0	79,5	0,0	161	735
17	19,3	48,0	17,9	17,9	30,1	100,0	30,1	0,0	179	828
18	21,1	0,0	19,7	17,8	-19,7	82,2	0,0	1,8	199	939
19	20,6	0,0	20,2	15,0	-20,2	67,1	0,0	5,2	219	1045
20	20,5	0,0	20,1	12,2	-20,1	54,9	0,0	7,9	239	1150
21	18,6	0,0	20,1	10,0	-20,1	44,9	0,0	10,1	259	1236
22	19,6	0,0	22,1	8,9	-22,1	36,0	0,0	13,2	281	1332
23	21,1	0,0	23,8	7,6	-23,8	28,4	0,0	16,2	305	1443
24	22,6	0,0	28,1	7,0	-28,1	21,4	0,0	21,1	333	1569
25	22,6	0,0	30,1	5,6	-30,1	15,9	0,0	24,5	363	1695
26	24,1	8,0	33,7	11,6	-25,7	12,3	0,0	22,1	397	1836
27	24,5	19,0	34,2	20,7	-15,2	10,5	0,0	13,5	431	1981
28	24,4	39,0	39,0	39,0	0,0	10,5	0,0	0,0	470	2125
29	25,7	26,0	43,0	27,6	-17,0	8,9	0,0	15,4	513	2282
30	24,1	45,0	42,4	42,4	2,6	11,5	0,0	0,0	556	2423
31	26,9	25,0	51,0	27,6	-26,0	8,9	0,0	23,4	607	2592
32	25,2	115,0	45,7	45,7	69,3	78,1	0,0	0,0	652	2744
33	25,0	93,0	43,3	43,3	49,7	100,0	27,9	0,0	696	2894
34	24,5	81,0	43,4	43,4	37,6	100,0	37,6	0,0		
35	25,0	60,0	44,4	44,4	15,6	100,0	15,6	0,0		
36	26,4	124,0	56,3	56,3	67,7	100,0	67,7	0,0		

1998

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	26,0	33,0	48,0	46,9	-15,0	86,1	0,0	1,1		
2	25,4	57,0	47,0	47,0	10,0	96,1	0,0	0,0		
3	26,2	42,0	55,7	54,3	-13,7	83,8	0,0	1,4		
4	27,0	42,0	51,9	49,9	-9,9	75,9	0,0	2,0		

Anexo 11 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Mococa (SP), referente aos anos de 1999 e 2000.

1999

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,2	251,0	42,6	42,6	208,4	100,0	208,4	0,0		
2	25,3	45,0	46,8	46,8	-1,8	98,2	0,0	0,0		
3	25,3	62,0	51,4	51,4	10,6	100,0	8,8	0,0		
4	25,0	60,0	44,0	44,0	16,0	100,0	16,0	0,0		
5	25,4	22,0	44,7	42,3	-22,7	79,7	0,0	2,4		
6	23,9	42,0	31,2	31,2	10,8	90,5	0,0	0,0		
7	24,7	25,0	37,3	35,5	-12,3	80,0	0,0	1,8		
8	23,8	144,0	34,9	34,9	109,1	100,0	89,1	0,0		
9	25,3	26,0	44,1	42,5	-18,1	83,5	0,0	1,5		
10	24,5	27,0	31,4	30,6	-4,4	79,8	0,0	0,8	31	145
11	20,7	43,0	25,2	25,2	17,8	97,6	0,0	0,0	57	252
12	21,2	0,0	25,8	22,2	-25,8	75,4	0,0	3,6	82	364
13	20,9	27,0	21,7	21,7	5,3	80,7	0,0	0,0	104	473
14	18,6	0,0	19,3	14,2	-19,3	66,5	0,0	5,1	123	559
15	18,6	0,0	21,3	12,7	-21,3	53,8	0,0	8,5	145	645
16	19,7	0,0	18,4	9,0	-18,4	44,8	0,0	9,3	163	742
17	19,8	10,0	18,4	13,6	-8,4	41,1	0,0	4,8	182	840
18	19,2	20,0	17,9	17,9	2,1	43,3	0,0	0,0	199	932
19	20,8	0,0	20,3	8,0	-20,3	35,3	0,0	12,4	220	1040
20	21,0	0,0	20,6	6,6	-20,6	28,8	0,0	14,0	240	1150
21	21,5	11,0	23,2	14,3	-12,2	25,5	0,0	8,9	264	1265
22	20,5	0,0	23,1	5,3	-23,1	20,2	0,0	17,9	287	1370
23	19,8	0,0	22,4	4,1	-22,4	16,1	0,0	18,4	309	1468
24	22,5	0,0	28,0	3,9	-28,0	12,2	0,0	24,1	337	1593
25	25,3	28,0	37,0	29,0	-9,0	11,2	0,0	7,9	374	1746
26	22,5	19,0	29,9	20,2	-10,9	10,0	0,0	9,8	404	1871
27	21,9	1,0	29,1	3,4	-28,1	7,6	0,0	25,6	433	1990
28	23,4	8,0	36,2	9,9	-28,2	5,7	0,0	26,3	469	2124
29	25,2	16,0	42,1	17,3	-26,1	4,4	0,0	24,8	511	2276
30	23,4	9,0	39,8	10,2	-30,8	3,2	0,0	29,7	551	2410
31	23,9	39,0	40,2	39,0	-1,2	3,2	0,0	1,1	591	2549
32	21,9	21,0	36,1	21,4	-15,1	2,7	0,0	14,6	627	2668
33	24,5	22,0	42,4	22,5	-20,4	2,2	0,0	19,9	670	2813
34	24,8	67,0	44,0	44,0	23,0	25,2	0,0	0,0		
35	24,0	102,0	42,6	42,6	59,4	84,6	0,0	0,0		
36	24,6	68,0	48,0	48,0	20,0	100,0	4,6	0,0		

2000

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	23,9	313,0	40,9	40,9	272,1	100,0	272,1	0,0		
2	25,9	35,0	47,9	47,1	-12,9	87,9	0,0	0,8		
3	24,3	82,0	47,2	47,2	34,8	100,0	22,7	0,0		
4	24,3	147,0	40,8	40,8	106,2	100,0	106,2	0,0		
5	23,8	159,0	38,8	38,8	120,2	100,0	120,2	0,0		
6	25,6	21,0	40,5	38,7	-19,5	82,3	0,0	1,8		

Anexo 12 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Mococa (SP), referente aos anos de 2001 e 2002.

2001

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	25,5	55,0	47,1	47,1	7,9	100,0	7,9	0,0		
2	24,9	90,0	43,9	43,9	46,1	100,0	46,1	0,0		
3	24,8	84,0	48,0	48,0	36,0	100,0	36,0	0,0		
4	25,8	58,0	45,4	45,4	12,6	100,0	12,6	0,0		
5	25,4	48,0	44,8	44,8	3,2	100,0	3,2	0,0		
6	26,0	5,0	38,3	33,3	-33,3	71,7	0,0	5,0		
7	24,5	85,0	37,0	37,0	48,0	100,0	19,7	0,0		
8	25,6	20,0	40,5	38,6	-20,5	81,4	0,0	2,0		
9	25,5	43,0	44,4	44,1	-1,4	80,3	0,0	0,3		
10	24,5	15,0	31,4	27,1	-16,4	68,2	0,0	4,2	31	145
11	23,4	1,0	29,1	17,7	-28,1	51,5	0,0	11,4	61	279
12	24,0	0,0	29,8	13,3	-29,8	38,2	0,0	16,5	90	419
13	20,6	0,0	21,4	7,4	-21,4	30,9	0,0	14,0	112	525
14	18,8	72,0	19,6	19,6	52,4	83,3	0,0	0,0	131	613
15	20,4	20,0	23,4	22,8	-3,4	80,5	0,0	0,6	155	717
16	22,0	0,0	20,5	14,9	-20,5	65,6	0,0	5,6	175	837
17	19,9	0,0	18,5	11,1	-18,5	54,5	0,0	7,4	194	936
18	17,4	2,0	16,1	9,2	-14,1	47,3	0,0	7,0	210	1010
19	20,2	0,0	19,8	8,5	-19,8	38,8	0,0	11,3	230	1112
20	21,3	0,0	20,9	7,3	-20,9	31,5	0,0	13,6	251	1225
21	21,2	3,0	22,8	8,7	-19,8	25,8	0,0	14,1	273	1337
22	20,8	0,0	23,5	5,4	-23,5	20,4	0,0	18,1	297	1445
23	21,3	0,0	24,1	4,4	-24,1	16,1	0,0	19,7	321	1558
24	23,5	16,0	29,7	18,1	-13,7	14,0	0,0	11,7	351	1693
25	24,1	0,0	33,7	4,0	-33,7	10,0	0,0	29,7	384	1834
26	20,0	68,0	26,6	26,6	41,4	51,4	0,0	0,0	411	1934
27	23,1	10,0	31,3	19,9	-21,3	41,5	0,0	11,5	442	2065
28	22,7	85,0	34,4	34,4	50,6	92,1	0,0	0,0	477	2192
29	23,4	24,0	36,3	34,7	-12,3	81,4	0,0	1,6	513	2326
30	23,8	29,0	40,7	38,0	-11,7	72,4	0,0	2,7	554	2464
31	24,3	39,0	42,1	41,2	-3,1	70,3	0,0	0,9	596	2607
32	24,4	193,0	42,3	42,3	150,7	100,0	120,9	0,0	638	2751
33	25,2	70,0	45,7	45,7	24,3	100,0	24,3	0,0	684	2903
34	23,7	51,0	40,8	40,8	10,2	100,0	10,2	0,0		
35	24,5	66,0	43,4	43,4	22,6	100,0	22,6	0,0		
36	23,5	122,0	44,5	44,5	77,5	100,0	77,5	0,0		

2002

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,9	94,0	44,0	44,0	50,0	100,0	50,0	0,0		
2	23,3	110,0	39,9	39,9	70,1	100,0	70,1	0,0		
3	25,9	200,0	52,6	52,6	147,4	100,0	147,4	0,0		
4	23,1	105,0	37,8	37,8	67,2	100,0	67,2	0,0		
5	24,4	59,0	41,0	41,0	18,0	100,0	18,0	0,0		
6	23,8	136,0	31,1	31,1	104,9	100,0	104,9	0,0		
7	25,5	6,0	40,3	35,0	-34,3	71,0	0,0	5,3		

Anexo 13 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Mococa (SP), referente aos anos de 2003 e 2004.

2003

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	25,8	143,0	47,7	47,7	95,3	100,0	95,3	0,0		
2	26,1	158,0	50,4	50,4	107,6	100,0	107,6	0,0		
3	24,0	220,0	46,6	46,6	173,4	100,0	173,4	0,0		
4	26,6	32,0	49,0	47,6	-17,0	84,4	0,0	1,4		
5	24,9	142,0	41,8	41,8	100,2	100,0	84,5	0,0		
6	26,5	10,0	39,1	35,2	-29,1	74,8	0,0	3,8		
7	25,7	16,0	40,7	32,4	-24,7	58,4	0,0	8,3		
8	25,3	37,0	40,0	38,7	-3,0	56,7	0,0	1,3		
9	23,7	18,0	38,3	28,4	-20,3	46,3	0,0	9,9		
10	23,0	26,0	28,7	27,2	-2,7	45,1	0,0	1,4	29	130
11	22,4	14,0	27,4	19,6	-13,4	39,4	0,0	7,7	56	254
12	23,9	72,0	29,8	29,8	42,2	81,7	0,0	0,0	86	393
13	18,4	44,0	19,1	19,1	24,9	100,0	6,6	0,0	105	477
14	20,1	0,0	20,9	18,8	-20,9	81,2	0,0	2,0	126	578
15	19,7	10,0	22,5	19,5	-12,5	71,6	0,0	3,0	148	675
16	22,4	6,0	20,9	15,9	-14,9	61,7	0,0	5,0	169	799
17	21,0	0,0	19,6	11,0	-19,6	50,8	0,0	8,6	189	909
18	18,7	0,0	17,3	8,1	-17,3	42,7	0,0	9,3	206	996
19	20,2	0,0	19,8	7,7	-19,8	35,0	0,0	12,2	226	1098
20	18,9	12,0	18,5	14,2	-6,5	32,8	0,0	4,3	245	1187
21	21,2	0,0	22,9	6,7	-22,9	26,1	0,0	16,2	267	1299
22	20,3	1,0	23,0	6,1	-22,0	21,0	0,0	16,8	290	1402
23	20,1	0,0	22,7	4,3	-22,7	16,7	0,0	18,4	313	1503
24	20,7	13,0	25,7	15,0	-12,7	14,7	0,0	10,7	339	1610
25	22,8	0,0	30,3	3,8	-30,3	10,9	0,0	26,5	369	1738
26	21,9	9,0	29,1	11,0	-20,1	8,9	0,0	18,1	398	1857
27	25,5	5,0	37,3	7,4	-32,3	6,4	0,0	29,8	436	2012
28	25,4	12,0	42,5	13,7	-30,5	4,7	0,0	28,8	478	2166
29	23,2	23,0	36,0	23,6	-13,0	4,2	0,0	12,4	514	2298
30	24,9	11,0	43,7	12,2	-32,7	3,0	0,0	31,5	558	2447
31	23,0	79,0	38,7	38,7	40,3	43,3	0,0	0,0	596	2577
32	24,8	144,0	43,0	43,0	101,0	100,0	44,3	0,0	639	2725
33	24,8	47,0	42,9	42,9	4,1	100,0	4,1	0,0	682	2873
34	24,1	198,0	42,8	42,8	155,2	100,0	155,2	0,0		
35	26,4	14,0	51,3	45,2	-37,3	68,8	0,0	6,2		
36	24,9	42,0	48,6	46,4	-6,6	64,5	0,0	2,2		

2004

Dec	Tmed (Cº)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	23,7	156,0	40,6	40,6	115,4	100,0	79,9	0,0		
2	25,2	23,0	46,5	44,0	-23,5	79,0	0,0	2,6		
3	24,1	103,0	46,7	46,7	56,3	100,0	35,4	0,0		
4	23,6	134,0	38,6	38,6	95,4	100,0	95,4	0,0		
5	24,7	201,0	41,4	41,4	159,6	100,0	159,6	0,0		
6	23,3	128,0	34,3	34,3	93,7	100,0	93,7	0,0		
7	24,8	1,0	37,5	31,6	-36,5	69,4	0,0	5,9		
8	24,1	28,0	36,4	33,6	-8,4	63,8	0,0	2,8		
9	22,0	6,0	34,9	22,0	-28,9	47,8	0,0	12,9		
10	24,5	55,0	31,2	31,2	23,7	71,5	0,0	0,0	31	145

Anexo 14 - Resultados dos balanços hídricos decendiais (CAD= 100mm) para a região de Mococa (SP), referente ao ano de 2005.

2005										
Dec	Tmed (C°)	Prec (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	P-EP (mm)	Armaz. (mm)	Exc. (mm)	Def. (mm)	Etp Acum. (mm)	GD
1	24,7	115,0	43,6	43,6	71,4	100,0	71,4	0,0		
2	24,8	89,0	43,8	43,8	45,2	100,0	45,2	0,0		
3	23,9	127,0	45,1	45,1	81,9	100,0	81,9	0,0		
4	23,3	49,0	38,0	38,0	11,0	100,0	11,0	0,0		
5	24,3	0,0	40,8	33,5	-40,8	66,5	0,0	7,3		
6	25,4	54,0	35,7	35,7	18,3	84,8	0,0	0,0		
7	24,1	19,0	36,4	32,5	-17,4	71,2	0,0	3,9		
8	25,3	121,0	40,1	40,1	80,9	100,0	52,1	0,0		
9	24,1	69,0	40,0	40,0	29,0	100,0	29,0	0,0		
10	25,7	6,0	34,5	30,8	-28,5	75,2	0,0	3,7	35	157
11	24,8	15,0	31,7	26,6	-16,7	63,6	0,0	5,1	66	305
12	22,0	26,0	26,9	26,6	-0,9	63,1	0,0	0,3	93	425
13	19,8	1,0	20,6	12,2	-19,6	51,8	0,0	8,4	114	523
14	23,0	0,0	24,4	11,2	-24,4	40,6	0,0	13,2	138	653
15	20,1	133,0	22,9	22,9	110,1	100,0	50,7	0,0	161	754
16	20,6	0,0	19,2	17,4	-19,2	82,6	0,0	1,7	180	860
17	21,0	4,0	19,5	15,9	-15,5	70,7	0,0	3,7	200	970
18	19,4	18,0	18,0	18,0	0,0	70,7	0,0	0,0	218	1064
19	18,6	0,0	18,3	11,8	-18,3	58,9	0,0	6,5	236	1150
20	17,7	20,0	17,3	17,3	2,7	61,6	0,0	0,0	253	1227
21	20,0	13,0	21,5	18,0	-8,5	56,5	0,0	3,5	275	1327
22	19,7	0,0	22,2	11,3	-22,2	45,3	0,0	10,9	297	1424
23	20,9	0,0	23,6	9,5	-23,6	35,8	0,0	14,1	321	1533
24	23,6	0,0	29,9	9,2	-29,9	26,5	0,0	20,6	351	1669
25	22,7	15,0	30,1	18,7	-15,1	22,8	0,0	11,4	381	1796
26	23,6	30,0	32,0	30,5	-2,0	22,3	0,0	1,6	413	1932
27	20,6	61,0	27,4	27,4	33,6	55,9	0,0	0,0	440	2038
28	25,6	33,0	42,8	38,2	-9,8	50,7	0,0	4,6	483	2194
29	26,1	11,0	45,7	25,8	-34,7	35,8	0,0	19,8	529	2355
30	23,8	56,0	40,5	40,5	15,5	51,3	0,0	0,0	569	2493
31	22,6	34,0	37,4	35,7	-3,4	49,6	0,0	1,7	606	2619
32	23,5	25,0	39,6	31,8	-14,6	42,9	0,0	7,9	646	2754
33	23,8	74,0	40,1	40,1	33,9	76,8	0,0	0,0	686	2892
34	23,0	53,0	39,7	39,7	13,3	90,1	0,0	0,0		
35	23,2	46,0	39,9	39,9	6,1	96,2	0,0	0,0		
36	24,3	74,0	47,5	47,5	26,5	100,0	22,7	0,0		

Anexo 15 – Combinação de diferentes valores de ETp (mm), acumulado a partir de abril, e de precipitação pluvial (mm), em função da ordem crescente do índice de confiança “c”, analisado conjuntamente para as regiões de Campinas e Mococa.

Interações/região	ETP (mm)	Precipitação (mm)	d	R^2	c	Combinação
Cam71	365	1	0,63	0,25	0,16	**C1**
Cam72	365	2	0,63	0,25	0,16	**C2**
Cam73	365	3	0,63	0,25	0,16	**C3**
Cam74	365	4	0,63	0,25	0,16	**C4**
Cam75	365	5	0,63	0,25	0,16	**C5**
Cam76	365	6	0,63	0,25	0,16	**C6**
Cam77	365	7	0,63	0,25	0,16	**C7**
M40	345	10	0,77	0,35	0,27	**C8**
M50	350	10	0,77	0,35	0,27	**C9**
Cam78	365	8	0,70	0,45	0,31	**C10**
Cam79	365	9	0,70	0,45	0,31	**C11**
Cam80	365	10	0,70	0,45	0,31	**C12**
M31	345	1	0,81	0,42	0,34	**C13**
M41	350	1	0,81	0,42	0,34	**C14**
M32	345	2	0,82	0,44	0,36	**C15**
M33	345	3	0,82	0,44	0,36	**C16**
M42	350	2	0,82	0,44	0,36	**C17**
M43	350	3	0,82	0,44	0,36	**C18**
M39	345	9	0,83	0,49	0,40	**C19**
M49	350	9	0,83	0,49	0,40	**C20**
M34	345	4	0,84	0,49	0,41	**C21**
M35	345	5	0,84	0,49	0,41	**C22**
M36	345	6	0,84	0,49	0,41	**C23**
M37	345	7	0,84	0,49	0,41	**C24**
M38	345	8	0,84	0,49	0,41	**C25**
M44	350	4	0,84	0,49	0,41	**C26**
M45	350	5	0,84	0,49	0,41	**C27**
M46	350	6	0,84	0,49	0,41	**C28**
M47	350	7	0,84	0,49	0,41	**C29**
M48	350	8	0,84	0,49	0,41	**C30**
M80	365	10	0,80	0,52	0,42	**C31**
M60	355	10	0,82	0,52	0,43	**C32**
M70	360	10	0,82	0,52	0,43	**C33**
M71	365	1	0,83	0,52	0,44	**C34**
Cam41	350	1	0,78	0,62	0,49	**C35**
Cam42	350	2	0,78	0,62	0,49	**C36**
Cam43	350	3	0,78	0,62	0,49	**C37**
Cam44	350	4	0,78	0,62	0,49	**C38**
Cam45	350	5	0,78	0,62	0,49	**C39**
Cam46	350	6	0,78	0,62	0,49	**C40**
Cam47	350	7	0,78	0,62	0,49	**C41**
Cam51	355	1	0,78	0,62	0,49	**C42**
Cam52	355	2	0,78	0,62	0,49	**C43**
Cam53	355	3	0,78	0,62	0,49	**C44**
Cam54	355	4	0,78	0,62	0,49	**C45**
Cam55	355	5	0,78	0,62	0,49	**C46**
Cam56	355	6	0,78	0,62	0,49	**C47**
Cam57	355	7	0,78	0,62	0,49	**C48**
Cam61	360	1	0,78	0,62	0,49	**C49**
Cam62	360	2	0,78	0,62	0,49	**C50**
Cam63	360	3	0,78	0,62	0,49	**C51**
Cam64	360	4	0,78	0,62	0,49	**C52**
Cam65	360	5	0,78	0,62	0,49	**C53**
Cam66	360	6	0,78	0,62	0,49	**C54**
Cam67	360	7	0,78	0,62	0,49	**C55**
Cam21	340	1	0,84	0,61	0,51	**C56**
Cam22	340	2	0,84	0,61	0,51	**C57**
Cam23	340	3	0,84	0,61	0,51	**C58**
Cam24	340	4	0,84	0,61	0,51	**C59**
Cam25	340	5	0,84	0,61	0,51	**C60**
Cam26	340	6	0,84	0,61	0,51	**C61**
Cam27	340	7	0,84	0,61	0,51	**C62**

Continua...

Continuação...

Cam31	345	1	0,84	0,61	0,51	**C63**
Cam32	345	2	0,84	0,61	0,51	**C64**
Cam33	345	3	0,84	0,61	0,51	**C65**
Cam34	345	4	0,84	0,61	0,51	**C66**
Cam35	345	5	0,84	0,61	0,51	**C67**
Cam36	345	6	0,84	0,61	0,51	**C68**
Cam37	345	7	0,84	0,61	0,51	**C69**
Cam48	350	8	0,80	0,65	0,52	**C70**
Cam49	350	9	0,80	0,65	0,52	**C71**
Cam50	350	10	0,80	0,65	0,52	**C72**
Cam58	355	8	0,80	0,65	0,52	**C73**
Cam59	355	9	0,80	0,65	0,52	**C74**
Cam60	355	10	0,80	0,65	0,52	**C75**
Cam68	360	8	0,80	0,65	0,52	**C76**
Cam69	360	9	0,80	0,65	0,52	**C77**
Cam70	360	10	0,80	0,65	0,52	**C78**
M51	355	1	0,87	0,60	0,52	**C79**
M61	360	1	0,87	0,60	0,52	**C80**
M72	365	2	0,87	0,61	0,53	**C81**
M73	365	3	0,87	0,61	0,53	**C82**
M2	330	2	0,87	0,61	0,53	**C83**
M12	335	2	0,87	0,61	0,53	**C84**
M22	340	2	0,88	0,61	0,54	**C85**
Cam4	330	4	0,88	0,61	0,54	**C86**
Cam5	330	5	0,88	0,61	0,54	**C87**
Cam6	330	6	0,88	0,61	0,54	**C88**
Cam7	330	7	0,88	0,61	0,54	**C89**
Cam14	335	4	0,88	0,61	0,54	**C90**
Cam15	335	5	0,88	0,61	0,54	**C91**
Cam16	335	6	0,88	0,61	0,54	**C92**
Cam17	335	7	0,88	0,61	0,54	**C93**
M1	330	1	0,86	0,63	0,54	**C94**
M11	335	1	0,86	0,63	0,54	**C95**
M21	340	1	0,87	0,63	0,55	**C96**
M52	355	2	0,88	0,64	0,56	**C97**
M53	355	3	0,88	0,64	0,56	**C98**
M62	360	2	0,88	0,64	0,56	**C99**
M63	360	3	0,88	0,64	0,56	**C100**
Cam28	340	8	0,84	0,68	0,57	**C101**
Cam29	340	9	0,84	0,68	0,57	**C102**
Cam30	340	10	0,84	0,68	0,57	**C103**
Cam38	345	8	0,84	0,68	0,57	**C104**
Cam39	345	9	0,84	0,68	0,57	**C105**
Cam40	345	10	0,84	0,68	0,57	**C106**
Cam1	330	1	0,90	0,66	0,60	**C107**
Cam2	330	2	0,90	0,66	0,60	**C108**
Cam3	330	3	0,90	0,66	0,60	**C109**
Cam11	335	1	0,90	0,66	0,60	**C110**
Cam12	335	2	0,90	0,66	0,60	**C111**
Cam13	335	3	0,90	0,66	0,60	**C112**
Cam8	330	8	0,87	0,69	0,60	**C113**
Cam9	330	9	0,87	0,69	0,60	**C114**
Cam10	330	10	0,87	0,69	0,60	**C115**
Cam18	335	8	0,87	0,69	0,60	**C116**
Cam19	335	9	0,87	0,69	0,60	**C117**
Cam20	335	10	0,87	0,69	0,60	**C118**
M79	365	9	0,87	0,70	0,61	**C119**
M74	365	4	0,88	0,71	0,62	**C120**
M75	365	5	0,88	0,71	0,62	**C121**
M76	365	6	0,88	0,71	0,62	**C122**
M77	365	7	0,88	0,71	0,62	**C123**
M78	365	8	0,88	0,71	0,62	**C124**
M59	355	9	0,89	0,71	0,63	**C125**
M69	360	9	0,89	0,71	0,63	**C126**
M3	330	3	0,91	0,70	0,63	**C127**

Continua...

Continuação...

M4	330	4	0,91	0,70	0,63	**C128**
M13	335	3	0,91	0,70	0,63	**C129**
M14	335	4	0,91	0,70	0,63	**C130**
M54	355	4	0,90	0,72	0,65	**C131**
M55	355	5	0,90	0,72	0,65	**C132**
M56	355	6	0,90	0,72	0,65	**C133**
M57	355	7	0,90	0,72	0,65	**C134**
M58	355	8	0,90	0,72	0,65	**C135**
M64	360	4	0,90	0,72	0,65	**C136**
M65	360	5	0,90	0,72	0,65	**C137**
M66	360	6	0,90	0,72	0,65	**C138**
M67	360	7	0,90	0,72	0,65	**C139**
M68	360	8	0,90	0,72	0,65	**C140**
M5	330	5	0,92	0,71	0,65	**C141**
M15	335	5	0,92	0,71	0,65	**C142**
M23	340	3	0,92	0,71	0,65	**C143**
M24	340	4	0,92	0,71	0,65	**C144**
M25	340	5	0,92	0,71	0,65	**C145**
M9	330	9	0,92	0,72	0,66	**C146**
M10	330	10	0,92	0,72	0,66	**C147**
M19	335	9	0,92	0,72	0,66	**C148**
M20	335	10	0,92	0,72	0,66	**C149**
M29	340	9	0,92	0,72	0,66	**C150**
M30	340	10	0,92	0,72	0,66	**C151**
M6	330	6	0,93	0,75	0,70	**C152**
M7	330	7	0,93	0,75	0,70	**C153**
M8	330	8	0,93	0,75	0,70	**C154**
M16	335	6	0,93	0,75	0,70	**C155**
M17	335	7	0,93	0,75	0,70	**C156**
M18	335	8	0,93	0,75	0,70	**C157**
M26	340	6	0,93	0,75	0,70	**C158**
M27	340	7	0,93	0,75	0,70	**C159**
M28	340	8	0,93	0,75	0,70	**C160**

Onde: Cam = Campinas; M = Mococa; d = índice “d” de concordância de Willmott; R^2 = coeficiente de determinação; c = índice “c” de confiança.