

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



EMERSON ALVES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE DISTINTAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS E DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO NO FLORESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE BEBIDA DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)**

200408513

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida pelo(a) candidato (a) Emerson Alves da Silva e aprovada pela Comissão Julgadora.

**Tese apresentada ao Instituto de Biologia para a obtenção do Título de Doutor em Biologia Vegetal.**

**Orientador: Ph D. Orivaldo Brunini**

2004

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE UN  
Nº CHAMADA TUNICAMP  
Si38i  
✓ EX  
TOMBO BC/ 58350  
PROC 16-117-04  
C D X  
PREÇO R\$ 11,00  
DATA 22-06-04  
Nº CPD \_\_\_\_\_

CM00198337-5

318 ID 317708

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP**

**Si38i**

**Silva, Emerson Alves da**

Influência do local de cultivo e do manejo de irrigação no florescimento, uniformidade de produção e qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.) / Emerson Alves da Silva. -- Campinas, SP:[s.n.], 2004.

Orientador: Orivaldo Brunini

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.

Instituto de Biologia.

1. Café -- Cultivo. 2. Solo e clima. 3. Água de irrigação. 4. Fenologia.  
5. Café -- Qualidade. I. Brunini, Orivaldo. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

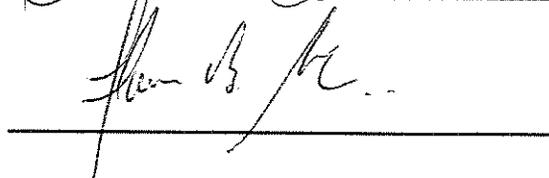
Campinas, 27 de Fevereiro de 2004

**BANCA EXAMINADORA**

Ph.D Orivaldo Brunini



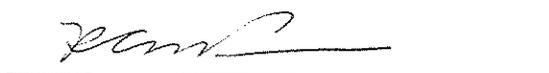
Ph.D Flávio Bussmeyer Arruda



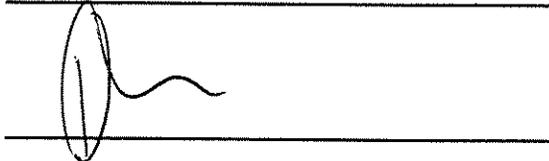
Dr Emílio SaKai



Drª. Regina Célia de Matos Pires



Dr Paulo Mazzafera



Dr Eduardo Caruso Machado



Dr. Luiz Carlos Fazuoli



Aos meus pais, Ari Antonio e  
Luzia Alves, aos meus irmãos  
Adriana e João, e a minha  
esposa Andréa.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus

À Universidade Estadual de Campinas em especial ao Departamento de Fisiologia Vegetal pelos ensinamentos e oportunidade de realização desse trabalho.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em especial ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, aos Pólos Regionais de Tecnologia e Desenvolvimento dos Agronegócios de Adamantina e Mococa, pela infra estrutura concedida, imprescindível na realização desse trabalho e aos Pesquisadores e colegas da área de agrometeorologia.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da Bolsa de Doutorado.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa de Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café – Embrapa, em especial o Núcleo de Cafeicultura Irrigada, pelo auxílio financeiro.

Ao Pesquisador Científico Ph.D. Orivaldo Brunini, pela orientação, confiança, apoio, e liberdade de trabalho.

Aos Pesquisadores Científicos Dr. Emílio Sakai, Dr. Flávio Bussmeyer Arruda e Dr<sup>a</sup> Regina Célia M. Pires, pela amizade, auxílio e conselhos .

Ao professor Paulo Mazzafera pelo estimulante auxílio no desenvolvimento de parte desse trabalho.

A todos os técnicos de apoio à pesquisa que de alguma forma me auxiliaram no desenvolvimento desse trabalho, em especial a Anderson da C. Pereira, Ronaldo Silva e José Carlos Cavichioli.

À todos os colegas de pós-graduação pela saudável convivência.

## SUMÁRIO

Resumo .....	01
Abstract.....	03
Introdução Geral.....	05
<b>1º Capítulo: INFLUÊNCIA DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO NO FLORESCIMENTO E UNIFORMIDADE DE PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO ARÁBICA EM DISTINTAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO</b>	
1.Introdução.....	07
2. Objetivos.....	11
3. Material e Métodos .....	11
3.1. Material Vegetal e Condições de Cultivo .....	11
3.2. Parâmetros Edafoclimáticos.....	12
3.2.1. Temperatura do ar, Precipitação e Balanço Hídrico .....	12
3.2.2. Umidade do Solo.....	13
3.3. Potencial da Água na Antemanhã .....	13
3.4. Avaliações Fenológicas e Parâmetros de Produção .....	14
3.4.1. Florescimento e Uniformidade de Produção .....	14
3.4.2. Produção por Planta, Rendimento e Peneira Média.....	14
3.5. Análises Estatísticas .....	15
4. Resultados e Discussão.....	16
4.1. Variação Sazonal nos Parâmetros Climáticos e Umidade do Solo .....	16
4.2. Potencial da Água em resposta ao manejo de irrigação e influências no florescimento e parâmetros de produção.....	27
5. Conclusões.....	38
6. Literatura Citada .....	39

**2º Capítulo: INFLUÊNCIA DE DISTINTAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS E DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ VERDE: RELAÇÕES COM A QUALIDADE DE BEBIDA**

1. Introdução.....	44
2. Objetivos.....	47
3. Material e Métodos .....	47
3.1. Origem, Colheita e Preparo das Amostras.....	47
3.2. Parâmetros Climáticos .....	48
3.3. Análises Químicas.....	48
3.4. Qualidade de Bebida.....	50
3.4.1. Análise Sensorial.....	50
3.4.2. Análise de Bebida por Método Eletrônico.....	51
3.5. Análises Estatísticas .....	51
4. Resultados e Discussão.....	53
4.1. Variação Sazonal na Temperatura média do Ar e precipitação .....	53
4.2. Composição química e qualidade de bebida .....	55
5. Conclusões.....	65
6. Literatura Citada.....	66

# INFLUÊNCIA DE DISTINTAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS E DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO NO FLORESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE BEBIDA DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

## RESUMO

Com base em parâmetros climáticos e edáficos, tais como, temperatura do ar, precipitação e umidade do solo, aliados a aspectos hídricos internos das plantas, como potencial da água na folha na antemanhã ( $\Psi_{wa}$ ) e análises da composição química das sementes do café, avaliou-se a influência de distintas condições edafoclimáticas e do manejo de irrigação no florescimento, produção e qualidade de bebida do café *Árabica* (*Coffea arabica* L. cv. Obatã enxertados sobre *C. canephora* cv. Apoatã). As plantas, com idade inicial de 2,5 anos, foram cultivadas em espaçamento 2,5 x 1,0 m, no período de julho de 2001 a maio de 2003, nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas, estado de São Paulo, sob as seguintes condições de manejo de água: não irrigado (NI), irrigado continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60). O sistema de irrigação implantado foi do tipo localizada por gotejamento com lâmina de irrigação determinada de acordo com a evapotranspiração média de cada localidade.

No primeiro capítulo, avaliou-se durante as safras de 2001/02 e 2002/03 a influência do manejo de irrigação no florescimento e produção em distintos locais de cultivo. A irrigação proporcionou maior produção de cafés por planta, independente da localidade, sendo as maiores diferenças significativas observadas em Mococa. O tratamento I60 favoreceu a obtenção de défices hídricos da ordem de -1,1 MPa em Adamantina, -1,6 MPa em Mococa e -1,2 MPa em Campinas, os quais foram mais efetivos na sincronização das floradas do cafeeiro aliando uniformidade com boa

produção. A menor diferença entre os tratamentos ocorreu em Adamantina, e, em geral no 2º ano, demonstrando que o manejo da irrigação na concentração de floradas do cafeeiro é bastante dependente das condições edafoclimáticas preponderantes. O maior número de floradas e a baixa uniformidade de produção das plantas irrigadas continuamente (IC), confirmam a necessidade de um período de seca na sincronização do florescimento. Os baixos  $\Psi_{wa}$  (-2,5 a -2,8 MPa) das plantas não irrigadas (NI), reduziram significativamente o número de flores se comparadas às plantas irrigadas, com reflexos na produção final, indicando a necessidade de irrigação para assegurar boa iniciação floral.

No segundo capítulo investigou-se a influência das condições edafoclimáticas e do manejo da irrigação na composição química do grão de café verde e sua relação com a qualidade de bebida. A composição química e alguns aspectos físicos como peso e peneira média dos grãos de café verde produzidos na safra 2001/2002 nos diferentes tratamentos e locais de cultivo, foram relacionadas à qualidade de bebida determinada por análises sensoriais e eletrônicas. Os dados tratados por análises de componentes principais demonstraram que, a composição química dos grãos permitiu a diferenciação do café produzido em diferentes regiões, sendo as variações na composição das sementes perceptíveis na análise da bebida pelo método eletrônico, mas não pelas análises sensoriais. A irrigação não foi fator condicionante na composição química dos cafés, com pouca ou nenhuma diferença significativa em relação a cafeeiros não irrigados, sendo tais diferenças condicionadas pelo local de cultivo, as quais, acredita-se seria influenciada pela temperatura do ar, que foi em média 1,6 a 2,4Cº mais alta em Adamantina em relação às localidades de Mococa e Campinas respectivamente.

**INFLUENCE OF THE DISTINCT EDAPHO-CLIMATICS CONDITIONS AND  
IRRIGATION MANAGEMENT ON FLOWERING, YIELD AND QUALITY OF THE  
COFFEE BEVERAGE (*Coffea arabica* L.)**

**ABSTRACT**

This work aimed to investigate the influence of local cultivation and irrigation management on flowering, yield uniformity and quality of the coffee *Árabica* beverage (*Coffea arabica* L. cv. Obatã grafted on *C. canephora* cv. Apotã). The two-year old plants were cultivated in spacing of 2,5 x 1,0 m, in the period from July 2001 to May 2003, in the counties of Adamantina, Mococa and Campinas, state of São Paulo, Brazil, under the following water management: non irrigated (NI), irrigated continually (IC) and withholding irrigation for 30 days in the month of July (I30) and for 60 days in the months of July and August (I60).

In the first chapter, the influence of irrigation management on flowering and yield uniformity during the years of 2001/02 and 2002/03 was evaluated. Independently on the cultivation place, the irrigation provided larger yield of coffee per plant, and the largest significant difference was observed in Mococa. The treatment I60 was able to impose a predawn leaf water potential ( $\Psi_{wa}$ ) of -1,1 in Adamantina, -1,6 in Mococa and -1,2 in Campinas, which was more effective for flowering synchronization of coffee plants, allying yield uniformity with good production. The smallest difference among treatments was observed in Adamantina, mainly in the 2<sup>nd</sup> year, indicating that irrigation management for flowering synchronization is also predominantly dependent on edapho-climatic conditions. A larger number of flowers and a low yield uniformity of continually irrigated plants (IC) ratify the importance of a controlled drought period for flowering

synchronization. The very low  $\Psi_{wa}$  (-2,5 to -2,8 MPa) of the non irrigated plants (NI) significantly reduced the number of flowers per plant when compared to the irrigated treatments with reflexes in the final production of plants. On the other hand, irrigation assured good floral initiation and higher yield in all places and years.

In the second chapter, the influence of cultivation place and irrigation management in the chemical composition of green coffee beans and its relationship with the quality of the beverage was investigated. The chemical composition and some physical aspects of green coffee beans produced in the crop 2001/02, in different treatments and cultivation places, were related to the quality beverage determined by sensorial and electronic analyses and the data treated by principal component analyses. The results of coffee beans chemical composition were affected by the cultivation place, being the variations in the composition of seeds perceptible by the electronic method, rather than by sensorial analyses. The irrigation was not the main factor affecting chemical composition, since little or no significant difference in relation to non irrigated coffees were found. More pronounced differences were conditioned to the cultivation place, mainly in Adamantina, where annual average air temperature was 1.6 to 2.4°C, warmer than the two other places.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Além do próprio comportamento fenológico da cultura, vários fatores do ambiente tais como, suprimento de água (Dean, 1939; Moens, 1962), temperatura do ar (Mes, 1957; Went, 1957; Wormer & Gituanja, 1970; Drinnan & Menzel, 1995) e níveis de irradiância (Castillo & Lopes, 1966) influenciam no florescimento, desenvolvimento dos frutos e na produtividade do cafeeiro. No entanto, o fator dominante sobre seus ciclos vegetativo e reprodutivo é bastante variável (Gopal, 1974) e depende, portanto, do local de cultivo e de práticas de manejo, dentre as quais destaca-se a irrigação.

Com efeito, a sincronização do florescimento em cafeeiros têm sido associada com ciclos de défices internos de água nas plantas, os quais quebrariam a dormência das gemas florais totalmente diferenciadas, levando ao florescimento após a aplicação da água via irrigação ou chuva. De acordo com a literatura, tais défices podem variar de  $-0,8$  MPa conforme observado por Crisosto *et al.* (1992) até os  $-2,65$  MPa obtidos por Schuch *et al.* (1992), ambos no Hawaii. No Brasil, Magalhães e Angelocci (1976) observaram que um limiar de potencial da água nas folhas do cafeeiro de  $-1,2$  MPa deveria se estabelecer para promover o processo de floração em resposta a irrigação.

Entretanto, a maioria dos trabalhos relatados foram realizados sob ambientes controlados e mesmo que sob condições de campo, objetivaram somente estabelecer uma relação entre a intensidade do defice hídrico imposto à planta e a uniformização das floradas. Assim sendo, não determinam um intervalo de tempo necessário para se estabelecer um déficit hídrico que fosse suficiente para quebrar a dormência das gemas florais e estimular a sincronização do florescimento e desenvolvimento dos frutos, bem como, não quantificam os reflexos na produção final dos cafeeiros. Tais informações ainda indisponíveis permitiriam o desenvolvimento de práticas que auxiliariam o

agricultor a planejar e utilizar a água de irrigação eficientemente para o aumento da produção e qualidade do café.

Destarte, experimentos adicionais são requeridos para prover uma melhor interação entre déficit hídrico, irrigação e florescimento com o intuito de obter práticas de cultivo que consolidem o período de colheita.

Não obstante, a composição química e por extensão a qualidade da bebida, são dependentes da qualidade do grão de café verde produzido, a qual por seu turno também é influenciada pelas condições ambientais preponderantes como clima, solo e pelas práticas de manejo como a irrigação. Camargo (1992) e Cortez (1997), sugerem que fatores climáticos como chuva em excesso e secas severas podem provocar distúrbios na maturação dos frutos, atingindo certas vias metabólicas, alterando a composição química dos grãos, refletindo na qualidade e classificação do café.

No entanto, no Brasil, a julgar pela extensão de seu parque cafeeiro, que abrange diferentes condições edafoclimáticas, nenhum trabalho visando avaliar a influência do local de cultivo associado ao manejo da irrigação na composição química do grão de café verde e sua relação com a qualidade de bebida, foi realizado.

Assim, o presente trabalho objetivou em um primeiro momento avaliar a influência de distintas condições edafoclimáticas e do manejo da irrigação no florescimento e produção e, posteriormente as possíveis variações na composição química dos grãos de café produzidos e sua relação com a qualidade de bebida.

## 1º Capítulo

# INFLUÊNCIA DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO FLORESCIMENTO E PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO ARÁBICA EM DISTINTAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.

## 1. INTRODUÇÃO

O florescimento, o desenvolvimento de frutos e por extensão a produtividade do cafeeiro são resultantes do comportamento fenológico da cultura, bem como, da interação com fatores ambientais, tais como o suprimento de água (Dean, 1939; Moens, 1962), a temperatura do ar (Mes, 1957; Went, 1957; Wormer & Gituanja, 1970; Drinnan & Menzel, 1995) e os níveis de irradiância (Castillo & Lopes, 1966), entre outros.

A literatura sobre a influência dos fatores ambientes no florescimento do cafeeiro é bastante controversa (Drinnan & Menzel, 1995). Dependendo do local de cultivo, o fator dominante sobre os ciclos vegetativo e reprodutivo do cafeeiro é bastante variável (Gopal, 1974). Segundo Camargo (1977), quando cultivado em áreas climaticamente aptas, que apresentam condições térmicas e hídricas favoráveis, pode-se admitir o fotoperíodo como fator condicionante da época de florescimento do cafeeiro Arábica. Por outro lado, Cannel (1972) sugere que variações sazonais no crescimento e desenvolvimento floral de cafeeiros seriam regulados por fatores outros que o fotoperíodo, uma vez que tanto plantas jovens quanto adultas de vários cultivares de *Coffea arabica* mostraram ser fotoperiódicamente insensíveis, mantendo sua capacidade de floração independente do comprimento do dia, sendo mais provável que

as respostas da plantas fossem condicionadas por flutuações na temperatura do ar e suprimento de água.

Com relação à temperatura do ar, os poucos trabalhos em café (Mes, 1957; Went, 1957; Drinnan & Menzel, 1995) são conflitantes. Enquanto Went (1957) mostrou que temperaturas combinadas (dia/noite) de 30°C/23°, induziam maior número de gemas florais, Mes (1957) mostrou que as gemas ficavam indiferenciadas a 30°C /17°C e 30°C/23°C, determinando, porém, que sob temperaturas mais amenas (23°C/17°C) havia maior formação de gemas. Com efeito, Drinnan & Menzel (1995) também observaram um aumento no número de inflorescências a temperaturas de 23°C/18°C e queda no número de gemas em combinações de 28°C/23°C, e que, a 33°C/28°C a iniciação floral não ocorria. Desse modo, ao contrário do observado por Went (1957), temperaturas amenas poderiam ser um importante fator na regulação do florescimento do café.

No Kenya, taxas de diferenciação floral foram altas nos meses frios (Wormer & Gituanja, 1970). Neste sentido, Browning (1973) sugeriu que quedas na temperatura do ar seguidas por chuvas desenvolveriam importante função na quebra de dormência das gemas florais dos cafeeiros. No entanto, neste caso, as evidências disponíveis são indiretas, baseadas em observações nas quais as diminuições na temperatura do ar ocorrem como uma consequência das chuvas, tornando-se impossível separar os efeitos de tais fatores ambientes (Alvim, 1985).

No aspecto hídrico *per se*, o florescimento em cafeeiros têm sido associado com ciclos de déficit de água nas plantas, os quais quebrariam a dormência das gemas florais totalmente diferenciadas, levando à antese em 8 a 12 dias. Neste modelo, é provável que períodos de seca seriam necessários para se obter a uniformidade de maturação do maior número possível de botões, tornando-os mais sensíveis aos fatores

que quebram a dormência (Alvim, 1960; Drinnan & Menzel, 1994). Magalhães & Angelocci (1976) sugeriram que, a princípio, a liberação da dormência pela irrigação pode estar quantitativamente relacionada à intensidade do déficit hídrico precedente. Segundo esses autores, um limiar de potencial da água nas folhas do cafeeiro de -1,2 MPa deve estabelecer-se para promover o processo de floração, em resposta a irrigação radicular. Crisosto *et al.* (1992) observaram que o florescimento foi estimulado pela irrigação após um período de déficit hídrico, se o potencial da água nas folhas declinasse abaixo de -0,8 MPa. De modo semelhante, Drinnan & Menzel (1994), com o objetivo de sincronizar o florescimento para permitir colheitas não seletivas, observaram que o desenvolvimento floral foi mais acelerado em cafeeiros sujeitos a ciclos de déficit hídrico entre -1,5 e -2,5 MPa quando comparados às plantas bem irrigadas (-0,5 MPa). Salienta-se que, em todos os casos, a resposta requer que os botões florais tenham atingido a maturidade para a floração (Mes, 1957; Crisosto, 1992).

De acordo com essas informações, é notório que períodos de seca podem contribuir para uma maturação mais abundante dos botões florais, favorecendo o florescimento mais uniforme. No entanto, a maioria dos trabalhos relatados foram realizados sob ambientes controlados e, mesmo que sob condições de campo, objetivaram somente estabelecer uma relação entre a intensidade do déficit hídrico imposto à planta e a uniformização das floradas. Assim sendo, não determinam um intervalo de tempo necessário para se estabelecer um déficit hídrico que fosse suficiente para quebrar a dormência das gemas florais e estimular a sincronização do florescimento e desenvolvimento dos frutos, bem como não quantificam os reflexos na produção final das plantas de cafés. Tais informações, ainda indisponíveis, permitiriam o desenvolvimento de práticas que auxiliariam o agricultor a planejar e utilizar a água eficientemente para o aumento da produção e qualidade do café.

Embora vários estudos dos efeitos de fatores ambientes sobre o desenvolvimento de flores e frutos tenham sido realizados no passado, poucos têm se dedicado a identificar sob condições de campo, o período de tempo necessário para alcançar défices hídricos que sejam eficientes na uniformização do florescimento do cafeeiro, principalmente considerando-se os diferentes sistemas de cultivos, dentre os quais destaca-se a irrigação. Ademais, no campo, as menores restrições ao sistema radicular e o desenvolvimento mais gradual do estresse hídrico, podem levar a diferentes respostas das plantas.

A irrigação na cafeicultura tem se justificado pela possibilidade de expansão da cultura em áreas antes limitadas pela deficiência hídrica ou distribuição irregular das chuvas, e nas regiões tradicionais por oferecer a garantia de produção em anos de baixa precipitação ou quando ocorrem veranicos nas fases críticas de desenvolvimento dos frutos. No entanto, a despeito da importância da irrigação para a cultura do café, seus benefícios na produtividade e no controle do florescimento dessa cultura não têm sido adequadamente quantificados. Isso se deve em parte, ao fato de que as necessidades de irrigação e sua função no controle da época de florescimento, são muito variáveis e dependentes da distribuição das chuvas, severidade da estação seca e do tipo e profundidade dos solos.

Segundo Carr (2001), na Austrália, com o objetivo de sincronizar o florescimento, défices hídricos têm sido aplicados pela suspensão da irrigação até que as plantas apresentem potenciais da água na folha da ordem de  $-2,5$  MPa, mantendo essa condição por 2 a 3 semanas, retornando então com a irrigação, de forma a estimular um florescimento rápido e uniforme. Entretanto, segundo o mesmo autor, nenhum dado citando o intervalo de tempo necessário para alcançar tais défices ou mesmo quantificando os benefícios derivados desse manejo na produtividade e uniformização

das floradas foram publicados, não existindo portanto, evidências experimentais claras, nas quais essas recomendações seriam baseadas.

Desse modo, é evidente que experimentos adicionais são requeridos para prover melhor interação entre a duração/intensidade do déficit hídrico e a irrigação que poderia maximizar o número de gemas florais maduras e, por extensão uma floração e desenvolvimento de frutos mais uniformes. Pesquisas sobre relação entre déficit hídrico, irrigação e florescimento podem levar a práticas de cultivo que consolidem o período de colheita do cafeeiro.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do manejo da irrigação, no florescimento e na produção de cafeeiros Arábica, cultivados sob diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Material vegetal e condições de cultivo.**

Os ensaios foram conduzidos no período de julho de 2001 a maio de 2003, utilizando-se plantas de *Coffea arabica* L. cv. Obatã IAC-1669-20 enxertadas sobre *C. canephora* cv. Apatã e com idade inicial de 2,5 anos. As plantas foram cultivadas sob condições de campo em espaçamento 2,5 x 1,0 m, em três áreas experimentais situadas nas localidades de Adamantina (21°41'S, 51°05'O e Altitude 443m), Mococa (21°28'S, 47°01'O e Altitude 663 m) e Campinas (22°54'S, 47°05'O e Altitude 669m).

Em Adamantina (AD) e Mococa (MC) os experimentos foram instalados nos Pólos Regionais de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Paulista e do Nordeste Paulista respectivamente, e em Campinas (CP), no Centro Experimental

Fazenda Santa Elisa, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Os solos das três áreas foram classificados (Embrapa, 1999) respectivamente como, Latossolo vermelho eutrófico textura média (Prado *et al.*, 2003), Argissolo vermelho eutrófico textura média e Latossolo vermelho eutrófico textura muito argilosa. O clima das três regiões segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, tropical de altitude com inverno seco e verão úmido e quente (Russo Jr., 1980).

Em cada localidade os cafeeiros foram submetidos aos seguintes tratamentos: não-irrigados (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60). Em cada tratamento foram sorteadas 10 plantas ao acaso, as quais foram utilizadas para as análises ao longo do estudo. No final do primeiro ano (jul/01 a mai/02), novas plantas foram sorteadas para as análises do ano seguinte (jul/02 a maio/03).

O sistema de irrigação implantado foi do tipo localizado por gotejamento na superfície. A lâmina de irrigação foi igual a 4 mm diários, determinada de acordo com a evapotranspiração média de cada localidade, aplicados diariamente. Os tratos culturais, tais como capina, adubação e aplicação de defensivos foram realizados seguindo as recomendações do Boletim 200 (Fahl *et al.*, 1998) do Instituto Agronômico de Campinas.

### **3.2. Parâmetros edafoclimáticos**

#### **3.2.1. Temperatura do ar, Precipitação e Balanço hídrico**

De modo a acompanhar e caracterizar as variações climáticas de cada localidade ao longo dos dois anos de análises, dados da temperatura do ar e precipitação foram obtidos diariamente de Estações Meteorológicas Automáticas (EMAs) situadas a aproximadamente 500 m das áreas experimentais.

Os dados foram agrupados em intervalos quinzenais para cálculo da temperatura média e mensais para o somatório da precipitação e, posteriormente, agrupados em intervalos quinquídias para cálculo dos balanços hídricos climáticos segundo Thornthwaite & Matter (1955), utilizando o software “Balanço Hídrico do Café” (Brunini, 2000), sendo considerado um armazenamento total de 100 mm. Os cálculos foram realizados considerando-se as condições normais de cada localidade, isto é, sem irrigação e simulando as condições de irrigação contínua e com suspensão por 30 e 60 dias. Nestes casos, adicionou-se a lâmina de irrigação aplicada de 4 mm por dia aos valores de precipitação. Dos balanços hídricos resultantes foram extraídos os dados de estimativa da Evapotranspiração Potencial (ETP) conforme Camargo (1971) e Real (ETR) em mm.

### 3.2.2. Umidade do Solo

A umidade do solo foi determinada pelo método de moderação de nêutrons, utilizando-se uma fonte de Am-Be (modelo Hydroprobe 503DR, 1,5” – EUA) previamente calibrada para os solos de cada área experimental. Para realização das medidas, foram instalados em cada um dos tratamentos três tubos de acesso até a profundidade de 1,0 m, cada tubo representando uma repetição. As determinações foram feitas nas profundidades de 0,3, 0,6 e 0,9 m e a uma distância de 0,4 m do ramo ortotrópico principal (Gopal & Vasudeva, 1973). As medidas foram realizadas em intervalos quinzenais no período de julho a setembro, e mensais nos demais meses do ano.

### **3.3. Potencial da água na folha na antemanhã ( $\Psi_{wa}$ )**

O potencial da água nas folhas dos cafeeiros foi determinado entre as 04:00 e 05:00 h utilizando-se uma bomba de pressão tipo Scholander (Scholander *et al.*, 1965) da PMS Instrument (modelo 1000 Corvallis, EUA). Foram utilizadas para as medidas somente folhas totalmente expandidas e não danificadas, do terceiro ou quarto par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço médio superior das plantas. As leituras foram realizadas tão logo as folhas eram destacadas das plantas. Consideraram-se 10 repetições por tratamento, sendo uma única folha utilizada para determinar o  $\Psi_{wa}$  de uma planta. As medidas foram realizadas em intervalos quinzenais no período de julho a setembro, e mensais nos demais meses do ano.

### **3.4. Avaliações fenológicas e parâmetros de produção**

#### **3.4.1. Florescimento e uniformidade de produção**

A intensidade do florescimento foi quantificada pela contagem no número de frutos “chumbinho”, estágio 7 segundo Crisosto & Grantz (1990), resultantes de cada florada. Para tanto, foram marcados 3 ramos plagiotrópicos primários do terço médio superior em cada uma das 10 plantas de cada tratamento, totalizando 30 repetições. A contagem foi realizada até trinta dias após o encerramento do processo de floração, obtendo-se ao final o número total de chumbinhos surgidos por ramo até a última florada.

A uniformidade de produção com relação ao estágio de maturação dos frutos foi por sua vez, determinada pela contagem do número de frutos verdes e cereja presentes naqueles ramos na época da colheita e expressa como porcentagem do total de frutos colhidos por ramo.

#### 3.4.2. Produção por planta, rendimento e peneira média.

Para a obtenção desses dados, a produção final de cada uma das 10 plantas utilizadas durante os experimentos, foi colhida sob a forma de derrça em peneira, de modo a evitar queda dos frutos no chão. O processamento do café recém colhido foi realizado pelo método da via seca em terreiro. Para tal, a produção de café cereja de cada planta foi acondicionada separadamente em sacos de tela de náilon e postos para secar ao sol, com constante revolvimento durante o dia. Após a secagem que levou aproximadamente 15 dias, procedeu-se o beneficiamento dos frutos para remoção da casca e do pergaminho.

A produção nos diferentes tratamentos foi expressa em kg/planta de café beneficiado. O rendimento no benefício, em porcentagem, foi calculado pela relação entre o peso de café beneficiado e o de café em coco.

Os valores de peneira média foram, por sua vez, determinados de acordo com Krug (1940) em 10 amostras de 100 gramas de café beneficiado por tratamento, obtidas da produção de cada uma das plantas.

#### 3.5. Análise estatística.

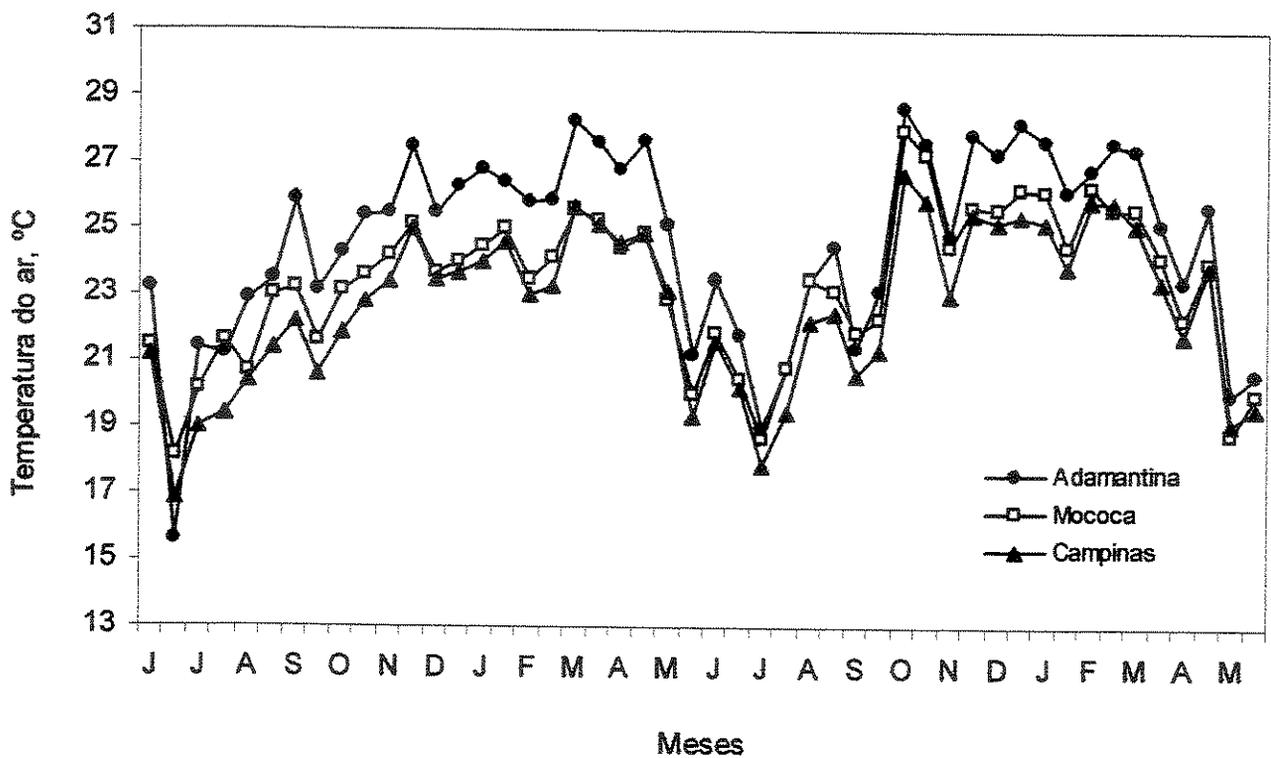
Os dados referentes aos parâmetros de produção foram submetidos a análises de variância, sendo o teste de significância para comparação das médias, o de Duncan em nível de 5% de probabilidade. Foram comparadas as médias dos diferentes tratamentos de uma mesma localidade. Utilizou-se a estatística descritiva para os demais dados.

## 4. RESULTADOS DE DISCUSSÃO

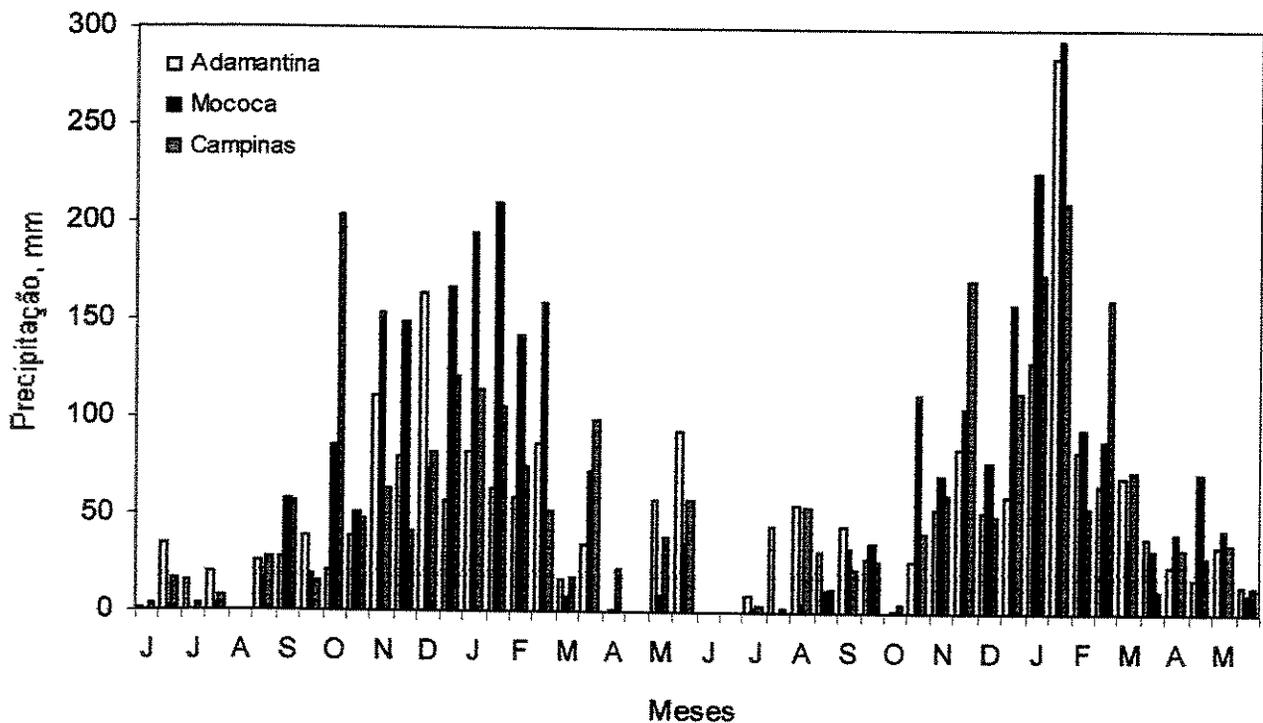
### 4.1. Variação sazonal nos parâmetros climáticos e umidade do solo

As Figuras 1 e 2 apresentam respectivamente as variações da temperatura média do ar e precipitação no período de junho de 2001 a Maio de 2003, nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas. No período de junho de 2001 a Maio de 2002 (1º ano) a temperatura média do ar (Figura 1.) nas respectivas localidades foi de 24,7, 22,9 e 22,5°C e no período de junho de 2002 a maio de 2003 (2º ano) as médias foram 24,7, 23,6 e 23,0°C. Como pode ser observado, em Adamantina a temperatura média do ar, nos 1º e 2º anos foi 1,8 a 2,1 e 1,1 a 1,7°C mais altas que nas localidades de Mococa e Campinas, respectivamente. Tais diferenças foram mais influenciadas pelas variações da temperatura entre os meses de setembro a abril, período que compreende a época úmida e quente, sendo até 2,8°C mais altas nos meses de março e abril de 2002.

A precipitação (Figura 2) por seu turno foi menor em Adamantina em relação a Mococa e Campinas. No primeiro ano as chuvas nessas localidades totalizaram 1128, 1607 e 1273 mm respectivamente, sendo que, desses totais, 78,1, 95,8 e 86% ocorreram entre os meses de setembro de 2001 a março de 2002. De modo semelhante, no 2º ano os totais foram de 1251, 1558 e 1357 mm com 81,5, 88,1 e 86,5% das chuvas ocorrendo no mesmo intervalo de tempo. No entanto, apesar de menores, as chuvas em Adamantina parecem ter sido melhor distribuídas ao longo dos anos, visto que entre os meses de julho e agosto, os quais compreenderam o período de imposição do déficit pela suspensão da irrigação, o somatório da precipitação no 1º ano foi de 61,2 mm, ao passo que em Campinas e Mococa esses valores foram de 19,7 e 38,9 mm respectivamente. No 2º ano, o comportamento foi semelhante, com valores ainda maiores de 140 mm em Adamantina e 18,2 e 71,5 mm para Mococa e Campinas.



**Figura 1.** Temperatura média do ar nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas ocorrida no período de junho de 2001 a maio de 2003.



**Figura 2.** Precipitação acumulada em intervalos quinzenais, nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas no período de junho de 2001 a maio de 2003.

Vale destacar ainda, as altas temperaturas do ar e as precipitações quase nulas ocorridas em outubro de 2002. Com pode-se observar, a temperatura média e as chuvas naquele mês foram de 28,7, 28 e 26,7°C e 0, 12 e 4 mm nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas respectivamente. Em relação ao mesmo período no ano anterior, a temperatura do ar foi em média 4,7°C maior e as precipitações foram da ordem de 21, 86 e 203,6 mm respectivamente. Segundo Meireles *et al.* (2003), a temperatura do ar foi naquele período em média 5°C acima das médias históricas para o estado de São Paulo.

Nas figuras 3, 4 e 5 são apresentadas os valores de ETP e ETR calculado para as condições não irrigadas, irrigadas continuamente e com suspensão da irrigação por 30 e 60 dias nas localidades de Adamantina (Figura 3), Mococa (Figura 4) e Campinas (Figura 5), no período de junho de 2001 a Maio de 2003. Com base na definição de ETP, a qual corresponde a chuva que seria necessária para atender exatamente as necessidades de água de uma cobertura vegetal (Thornthwaite, 1948), pode-se observar para as três localidades, que, sob condições não irrigadas (NI nas Figuras 3, 4 e 5), as oscilações na ETR foram condicionadas pela quantidade e distribuição das chuvas, favorecendo a ocorrência de ciclos de défices hídricos. Em Mococa (NI na Figura 4) a escasses de chuvas entre os meses de março a outubro de 2002, levou a uma deficiência hídrica acumulada no solo de 413,7 mm. Ademais, uma vez que a deficiência hídrica corresponde as diferenças entre ETP e ETR, pode-se constatar que a irrigação de 4 mm diários, foi suficiente para atender a demanda evapotranspiratória (IC nas Figuras 3, 4 e 5) que foi em média 3,74, 3,37 e 3,21 mm diários, em Adamantina, Mococa e Campinas respectivamente. Somente em outubro de 2002 as pequenas quedas na ETR seriam resultado das altas temperaturas ocorridas naquele mês. Nos cálculos simulando a suspensão da irrigação por 30 dias nos meses de julho

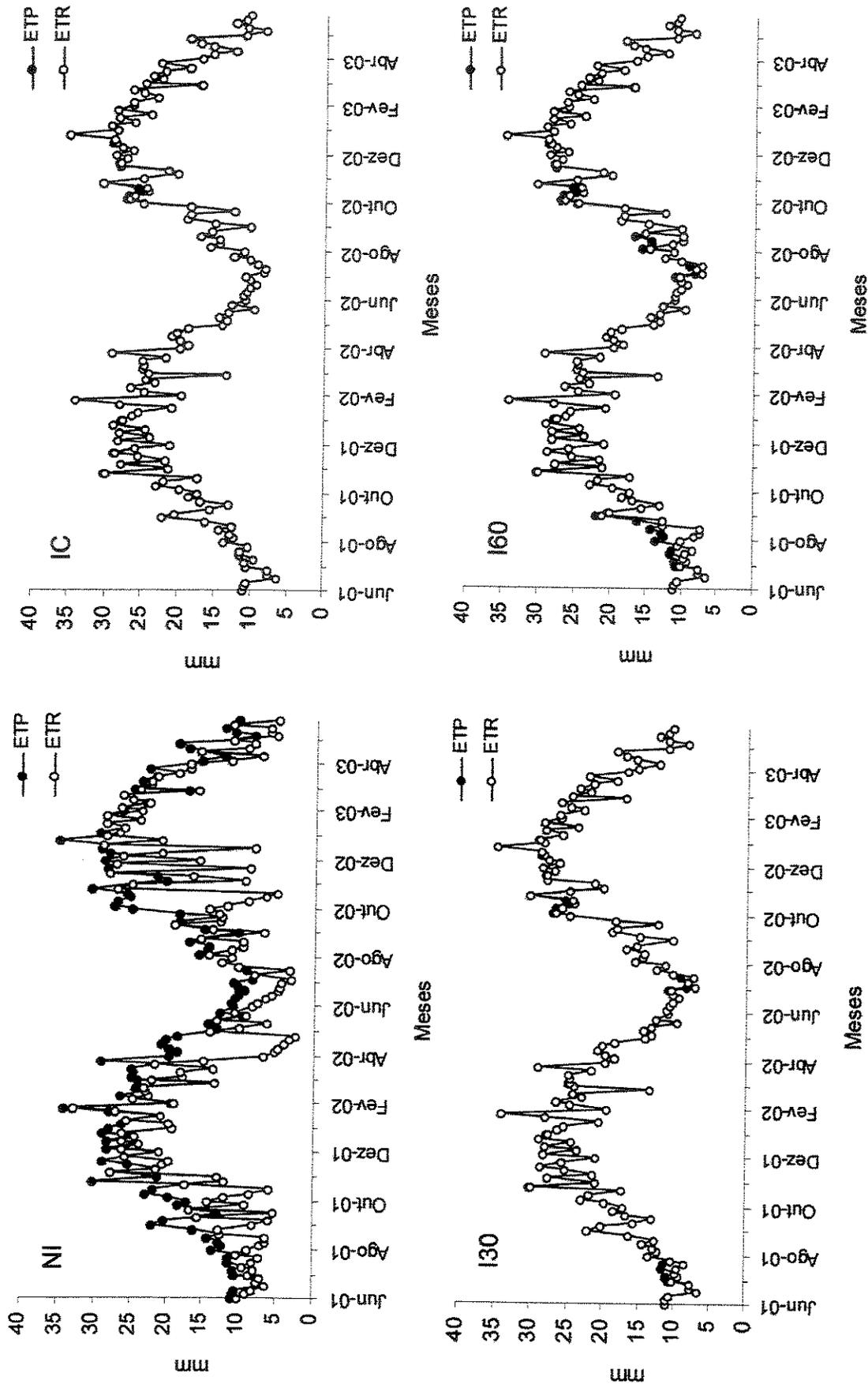


Figura 3. Evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR), na localidade de Adamantina, nas condições não irrigadas (NI), irrigadas continuamente (IC) e irrigadas com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (130) e 60 dias nos meses de julho e agosto (160), no período de julho de 2001 a maio de 2003.

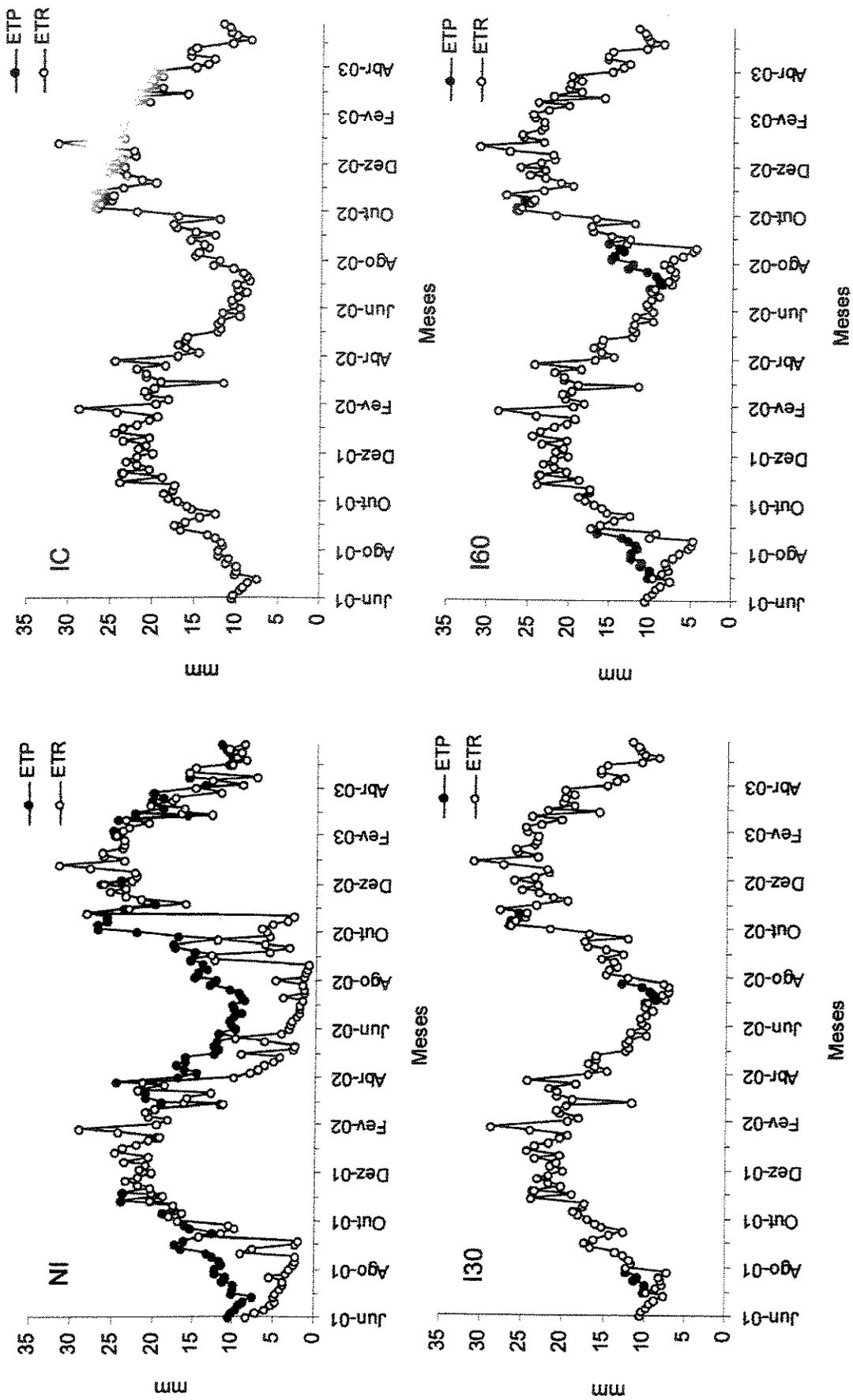


Figura 4. Evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR), para a localidade de Mococa nas condições não irrigadas (NI), irrigadas continuamente (IC) e irrigadas com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), no período de julho de 2001 a maio de 2003.

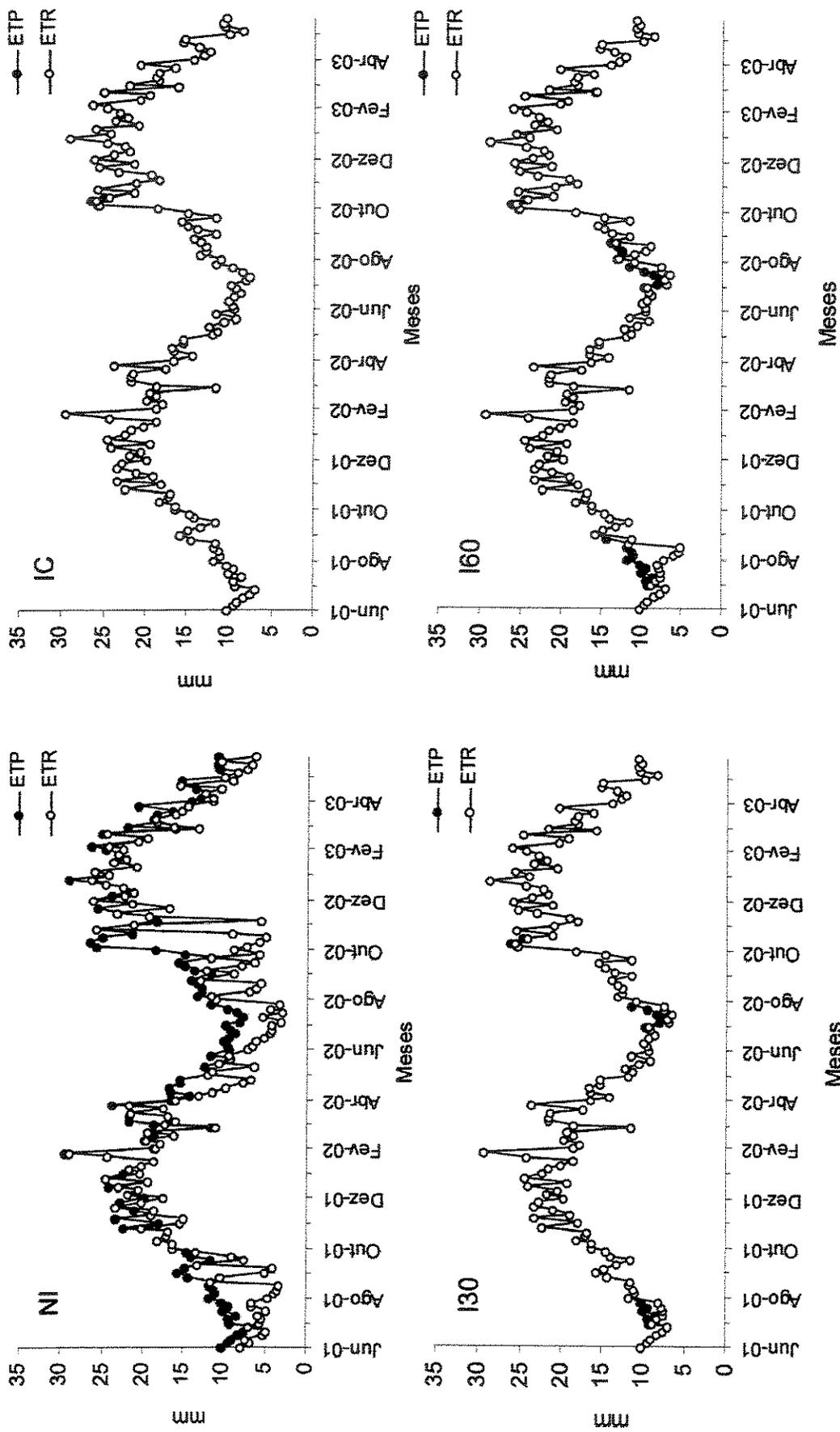
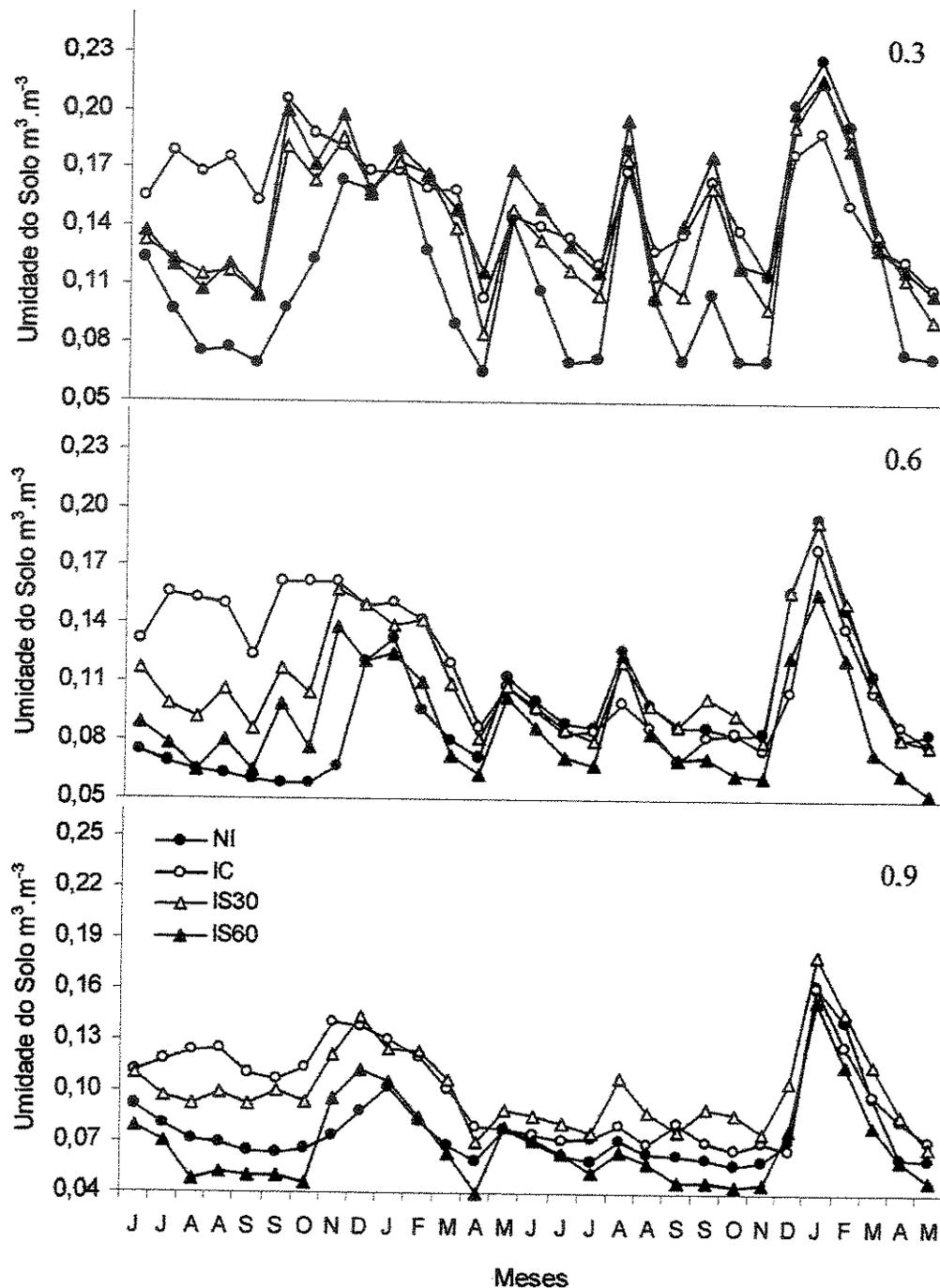


Figura 5: Evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR), para a localidade de Campinas, nas condições não irrigadas (NI), irrigadas continuamente (IC) e irrigadas com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), no período de julho de 2001 a maio de 2003.

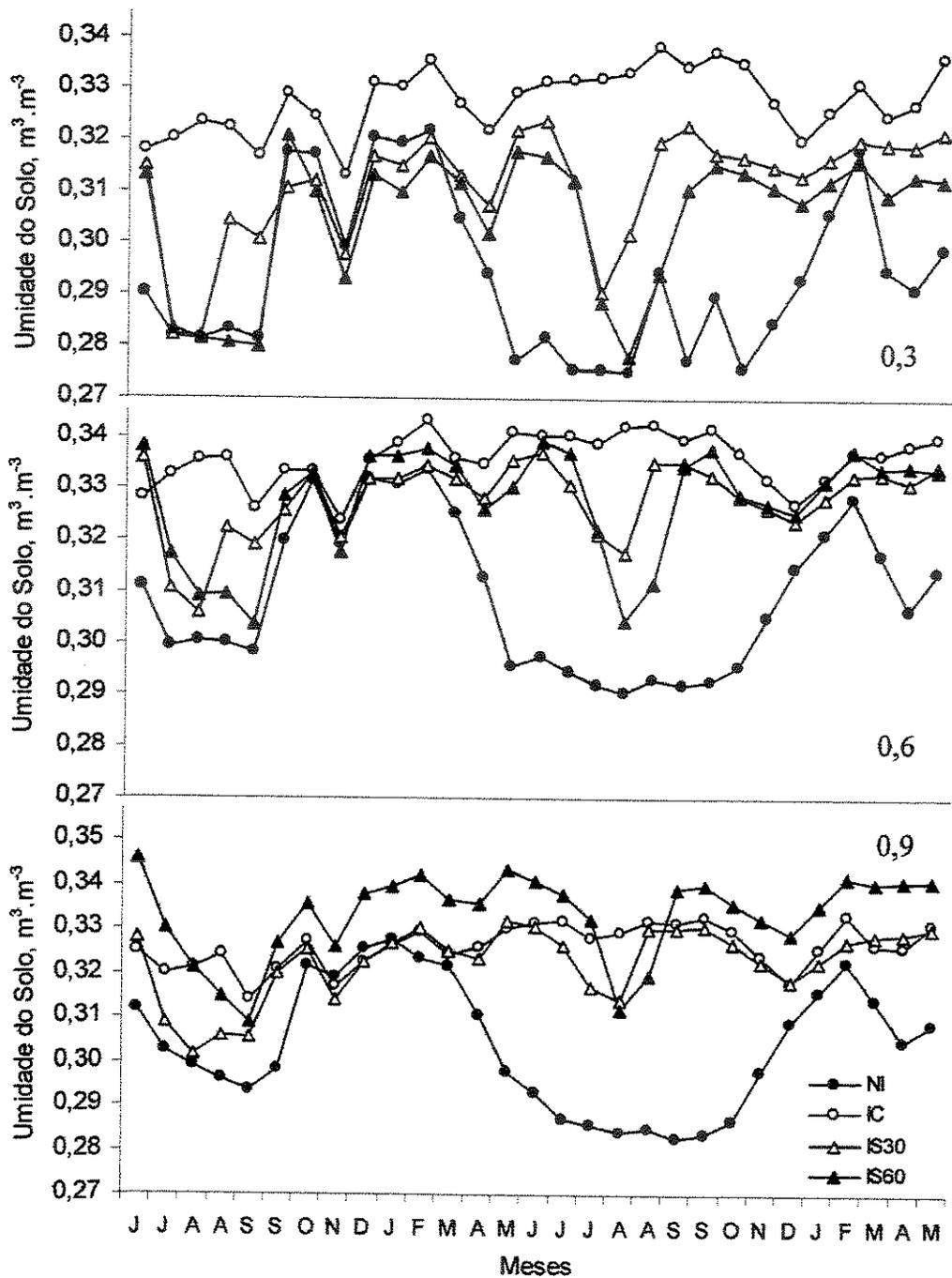
de 2001 e 2002, os decréscimos na ETR levaram a deficiências hídricas acumuladas de 7,2 e 3,6 mm em Adamantina, 15 e 13,6 mm em Mococa e 8,7 e 10,2 mm em Campinas. E nas situações em que a irrigação foi suspensa por 60 dias nos meses de julho e agosto as deficiências foram no 1º e 2º ano de -31 e -15 mm em Adamantina, 53 e 53 mm em Mococa e 34 e 20 mm em Campinas. Como pode-se observar as menores deficiências em função da suspensão da irrigação foram obtidas em Adamantina, em detrimento provavelmente dos maiores valores de precipitação ocorridos entre os meses de julho e agosto (Figura 2).

De fato, dados da umidade do solo demonstraram que as menores diferenças entre tratamentos irrigados e não irrigados e as maiores variações no teor de água no solo ao longo do período analisado, ocorreram em Adamantina (Figura 6) e sugerem uma forte influência da temperatura do ar (Figura 1), chuvas (Figura 2) e ETP (Figuras 3, 4 e 5). Declínios na umidade do solo em todos os tratamentos em abril de 2002 coincidiram com as altas temperaturas e a ausência de chuvas naquele mês, ao passo que os maiores valores de umidade foram medidos em janeiro de 2003, mês em que a altura pluviométrica foi de 414,2 mm acumulados. Já em Mococa (Figura 7) e Campinas (Figura 8) as diferenças foram mais nítidas com a umidade do solo no tratamento NI, a maior parte do período abaixo de  $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , alcançando a igualdade com os demais tratamentos somente nos períodos de alta precipitação.

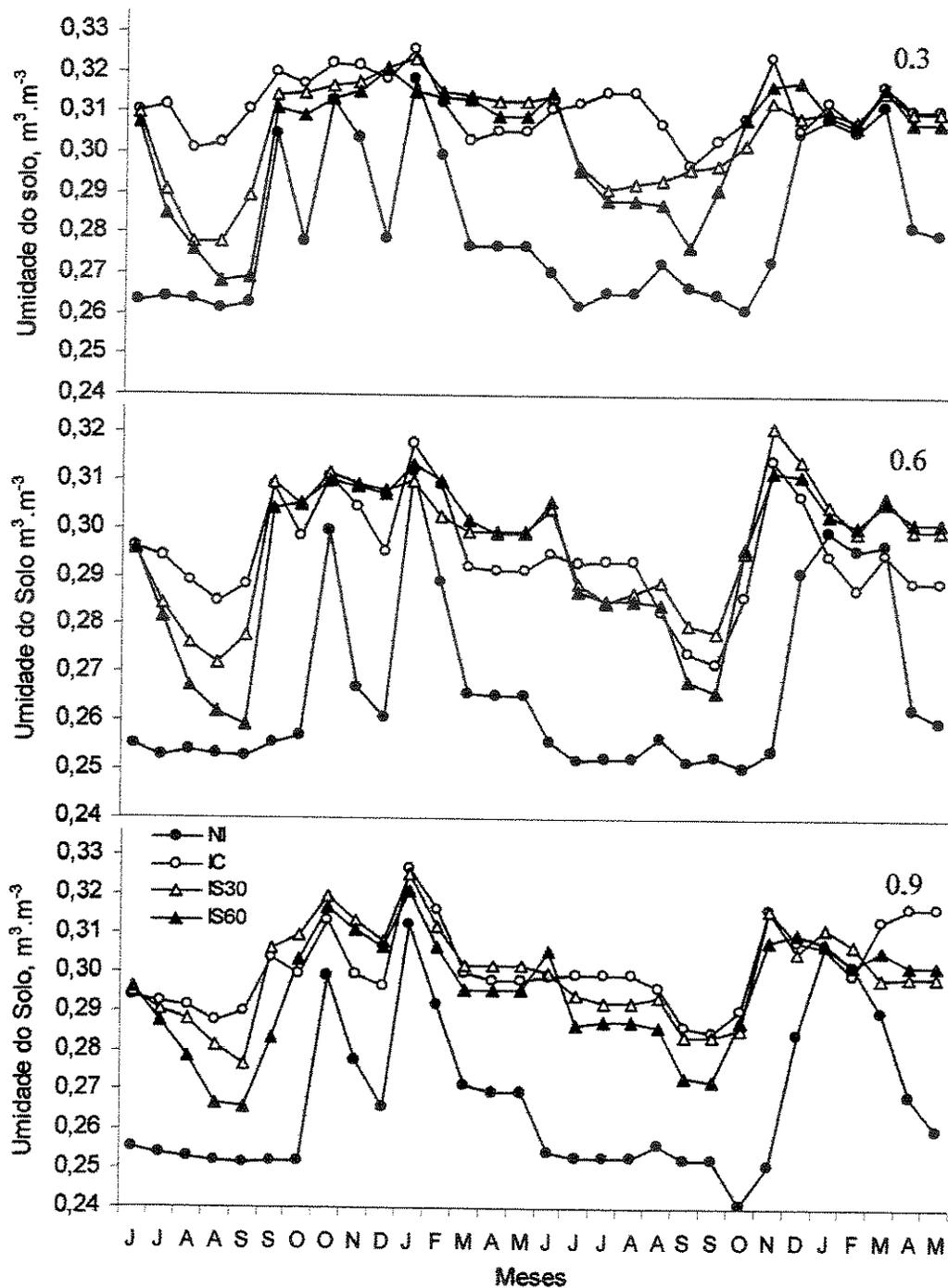
Como resultado da imposição dos tratamentos I30 e I60, os declínios na umidade do solo no 1º ano foram em média de 0,02, 0,03 e 0,03  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  no tratamento I30 e 0,02, 0,04 e 0,04  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  no I60, nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas respectivamente. No 2º ano, os decréscimos na umidade do solo foram de 0,01, 0,02 e 0,02  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  nos tratamentos I30 e 0,01, 0,03 e 0,02  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  no tratamento I60. Em base de volume, as variações na umidade do solo parecem ter sido pequenas, no



**Figura 6.** Umidade do solo nas profundidades de 0,3, 0,6 e 0,9 m, nos tratamentos não-irrigado (NI), irrigado continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60) na localidade de Adamantina, SP, no período de julho de 2001 a maio de 2003.



**Figura 7.** Umidade do solo nas profundidades de 0,3, 0,6 e 0,9 m, nos tratamentos não-irrigado (NI), irrigado continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (IS30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (IS60) na localidade de Mococa, SP, no período de julho de 2001 a maio de 2003.



**Figura 8.** Umidade do solo nas profundidades de 0,3, 0,6 e 0,9 m, nos tratamentos não-irrigado (NI), irrigado continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60) na localidade de Campinas, SP, no período de julho de 2001 a maio de 2003.

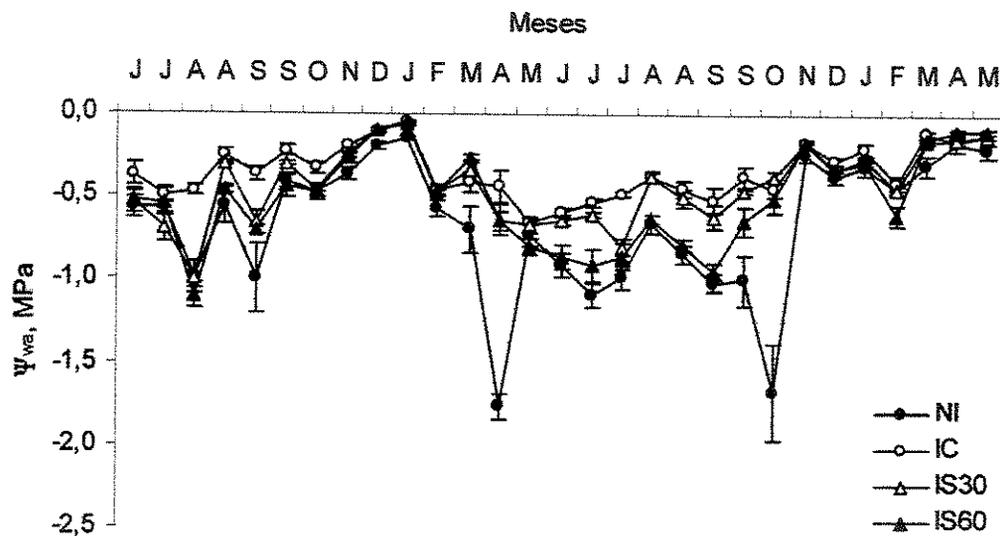
entanto, se considerados os valores máximos e mínimos de umidade nas profundidades de 0,3, 0,6 e 0,9 m, verificamos que essa variou por camada de 30 cm, cerca de  $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  em Adamantina e  $0,07$  e  $0,08 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  em Mococa e Campinas. Desse modo, um decréscimo na umidade do solo de  $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  corresponderia nas respectivas localidades a uma deficiência aproximada de  $-6,3$ ,  $-14$  e  $-12$  mm. Essa maior amplitude entre os valores máximos e mínimos de umidade do solo observada em Adamantina, podem ajudar a explicar as menores diferenças entre os tratamentos naquela localidade.

Os dados ainda demonstram que as maiores variações na umidade do solo ocorreram nas profundidades de 0,3 e 0,6 m. Esse fato pode estar associado à maior proximidade da superfície, bem como, com a localização do sistema radicular. Sakai *et al.* (2000) observaram que a profundidade efetiva do sistema radicular de cafeeiros Arábica enxertados sobre a cultivar Apoatã era de 0,6 m.

#### **4.2. Potencial da água nas folhas ( $\Psi_{wa}$ ) em resposta ao manejo de irrigação e influência no florescimento e parâmetros de produção.**

Os resultados de potencial da água nas folhas  $\Psi_{wa}$  das plantas de café nos tratamentos NI, IC, I30 e I60 nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas, são apresentados nas figuras 9, 10 e 11. De modo geral, o  $\Psi_{wa}$  acompanhou as variações na umidade do solo, com as menores diferenças entre tratamentos observadas em Adamantina (Figura 9). Conforme já aludido, as chuvas da ordem de 61 e 140 mm ocorridas entre os meses de julho e agosto de 2001 e 2002 foram responsáveis pela menor diferença entre os tratamentos naquele período. Assim, no 1º ano, após a imposição dos tratamentos I30 e I60 a partir de julho, os menores  $\Psi_{wa}$  foram de  $-1,0$

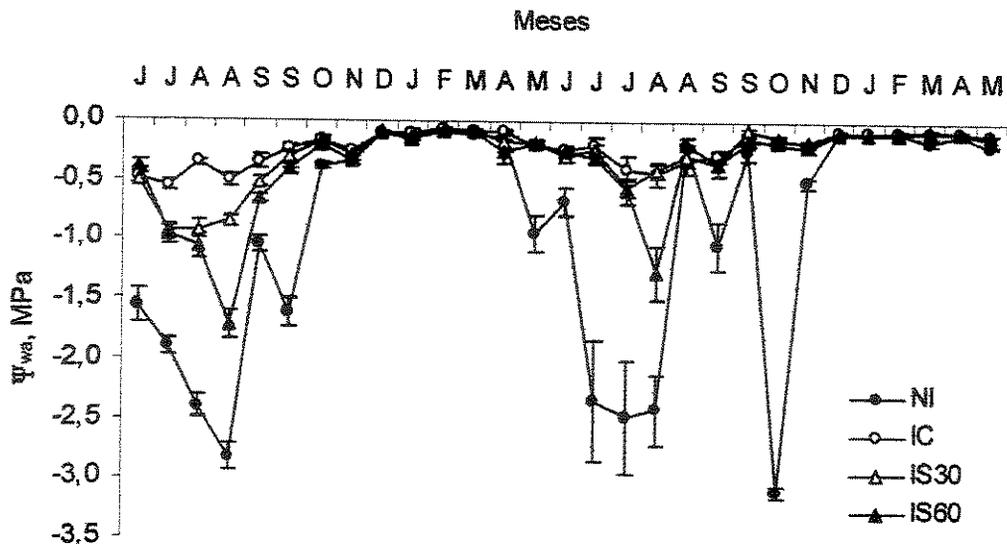
-0,5, -1,0 e -1,1 MPa nos tratamentos NI, IC, I30 e I60, respectivamente (Figura 9) e que estes foram alcançados aos 30 dias após a suspensão da irrigação. No 2º ano, as chuvas prejudicaram ainda mais a imposição do déficit hídrico, visto que, 30 dias após a suspensão da irrigação os  $\Psi_{wa}$  naqueles tratamentos eram de apenas -0,7, -0,5, -0,5 e -0,5 MPa. Ao final dos 60 dias eles eram de -1,0, -0,5, -0,6 e -1,0 MPa. Adicionalmente, os menores  $\Psi_{wa}$  observados no tratamento NI em abril de 2001 e outubro de 2002, da ordem de -1,6 MPa, coincidiram com a falta de chuvas e as altas temperaturas do ar ocorridas naqueles meses.



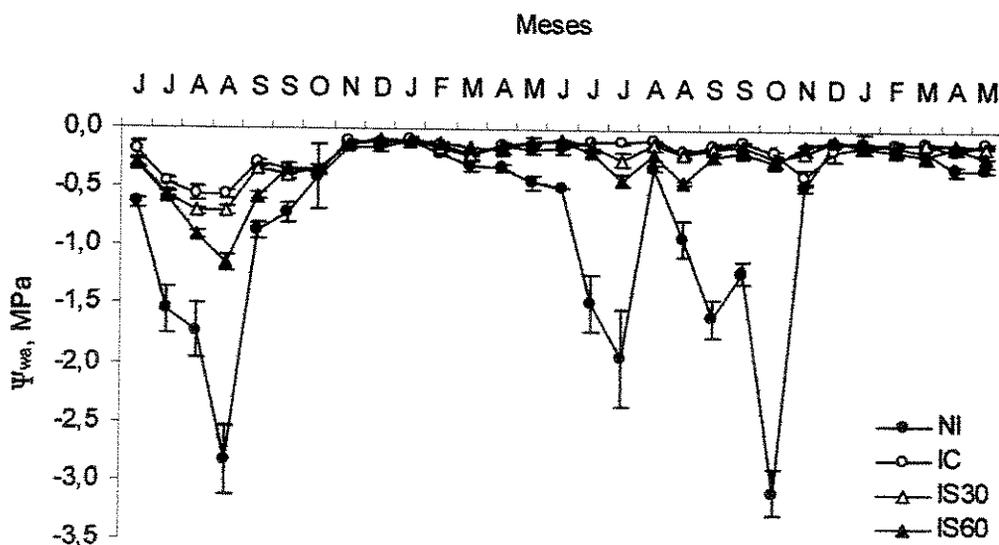
**Figura 9.** Potencial da água nas folhas ( $\Psi_{wa}$ ) dos cafeeiros nos tratamentos não irrigado (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60) na localidade de Adamantina, SP. Barras indicam o erro padrão da média.

Já em Mococa (Figura 10) e Campinas (Figura 11) a escassez de chuvas durante a imposição do déficit hídrico favoreceu as marcantes diferenças entre os tratamentos, principalmente no período de julho a agosto de 2001. Como pode-se observar, a suspensão da irrigação por 30 e 60 dias correspondeu a  $\Psi_{wa}$  de -0,9 e -1,7 MPa em Mococa e -0,7 e -1,2 MPa em Campinas, respectivamente, sendo que, no tratamento I60, esses potenciais foram alcançados aos 45 dias após a interrupção da irrigação. No segundo ano, chuvas concentradas em agosto causaram efeito menos pronunciado, e os  $\Psi_{wa}$  nos tratamentos I30 e I60 foram de -0,55 e -1,3 MPa em Mococa e -0,2 e -0,5 MPa em Campinas. Sob irrigação contínua os  $\Psi_{wa}$  mínimos foram de -0,5 MPa. Em condições não irrigadas, tanto em Mococa como em Campinas, as plantas experimentaram défices hídricos da ordem de -2,8 MPa no 1º ano e de -2,5 e -2,0 MPa no 2º ano, e sofreram ainda um forte déficit ( $\Psi_{wa} = -3,0$  MPa) ocorrido em outubro de 2002, o qual foi conseqüência da falta de chuvas e das altas temperaturas.

Com o objetivo de determinar a intensidade do déficit hídrico necessário para estimular o florescimento do cafeeiro após a irrigação, a literatura disponível tem apresentado valores limiares de  $\Psi_{wa}$  que variam de -0,8 (Crisosto *et al.*, 1992) até -2,65 MPa (Schuch *et al.* 1992). Os dados obtidos no presente estudo, no entanto, demonstram que os  $\Psi_{wa}$  alcançados nos tratamentos I60, no 1º ano foram de -1,1 MPa em Adamantina, -1,2 em Campinas e -1,7MPa em Mococa, próximos daqueles descritos por Magalhães e Angelocci (1976). Estes autores, que também no Estado de São Paulo, observaram para a cultivar Mundo Novo, um limiar de -1,2 a -1,4 MPa, para que o florescimento fosse estimulado pela irrigação.



**Figura 10.** Potencial da água nas folhas ( $\Psi_{wa}$ ) dos cafeeiros nos tratamentos não irrigado (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60) na localidade de Mococa, SP. Idem figura 9.

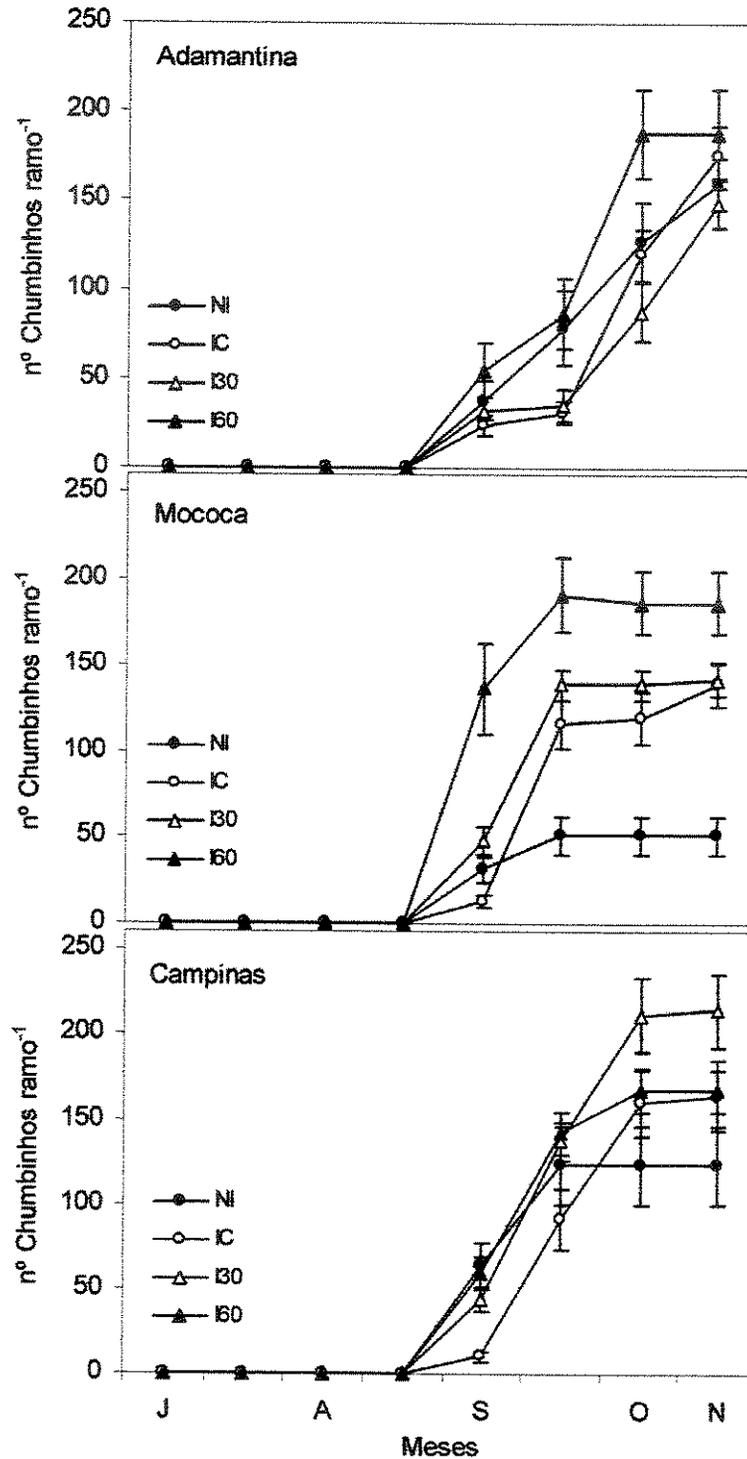


**Figura 11.** Potencial da água nas folhas ( $\Psi_{wa}$ ) dos cafeeiros nos tratamentos não irrigado (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60) na localidade de Campinas, SP. Idem figura 9.

Com efeito, no 1º ano o florescimento (Figura 12) foi mais acelerado nas plantas cultivadas sob os tratamentos NI e I60, após o retorno das chuvas e irrigação. Como pode se observar, em Mococa o florescimento nesses tratamentos resumiu-se em dois episódios, sendo que 60% (NI) e 73% (I60) do número total de chumbinhos surgiram na 1ª florada ocorrida no início de setembro. De modo semelhante, em Campinas, do total de chumbinhos observados 100 e 90% surgiram após duas floradas nos tratamentos NI e I60 respectivamente.

O menor número de chumbinhos nos tratamentos NI em Mococa e Campinas, podem estar associados aos efeitos prejudiciais dos baixos  $\Psi_{wa}$  da ordem de  $-2,8\text{MPa}$  aos quais as plantas ficaram sujeitas (Figuras 10 e 11). Esses dados corroboram os observados por Drinnan & Menzel (1994) em que  $\Psi_{wa}$  de  $-2,5\text{MPa}$  reduziram significativamente o número de inflorescências, se comparado com plantas irrigadas.

De qualquer modo, independente da localidade e do tratamento, o florescimento ocorreu no início de setembro, porém, este foi menos uniforme nos tratamentos IC, que apresentaram em média quatro floradas que se estenderam até fins de novembro (Figura 12). De fato, na ausência de um período de seca definido os ciclos de floração são mais freqüentes, como acontece nas áreas mais úmidas das regiões produtoras de café (Rena *et al.*, 2001). Segundo Wormer (1965), no Kenya, cafeeiros irrigados no campo durante a estação seca não alteraram seus ritmos de florescimento se comparados com plantas não irrigadas que sofreram déficit hídrico. Com efeito, plantas de café cultivadas em casa de vegetação, tanto em condições de solo constantemente úmido como em hidroponia, também floresceram na mesma época que cafeeiros cultivados no campo (Franco, 1970). Esse autor, assim como Browning & Fisher (1975) sugeriram que mesmo quando irrigadas as plantas de café desenvolveriam um déficit

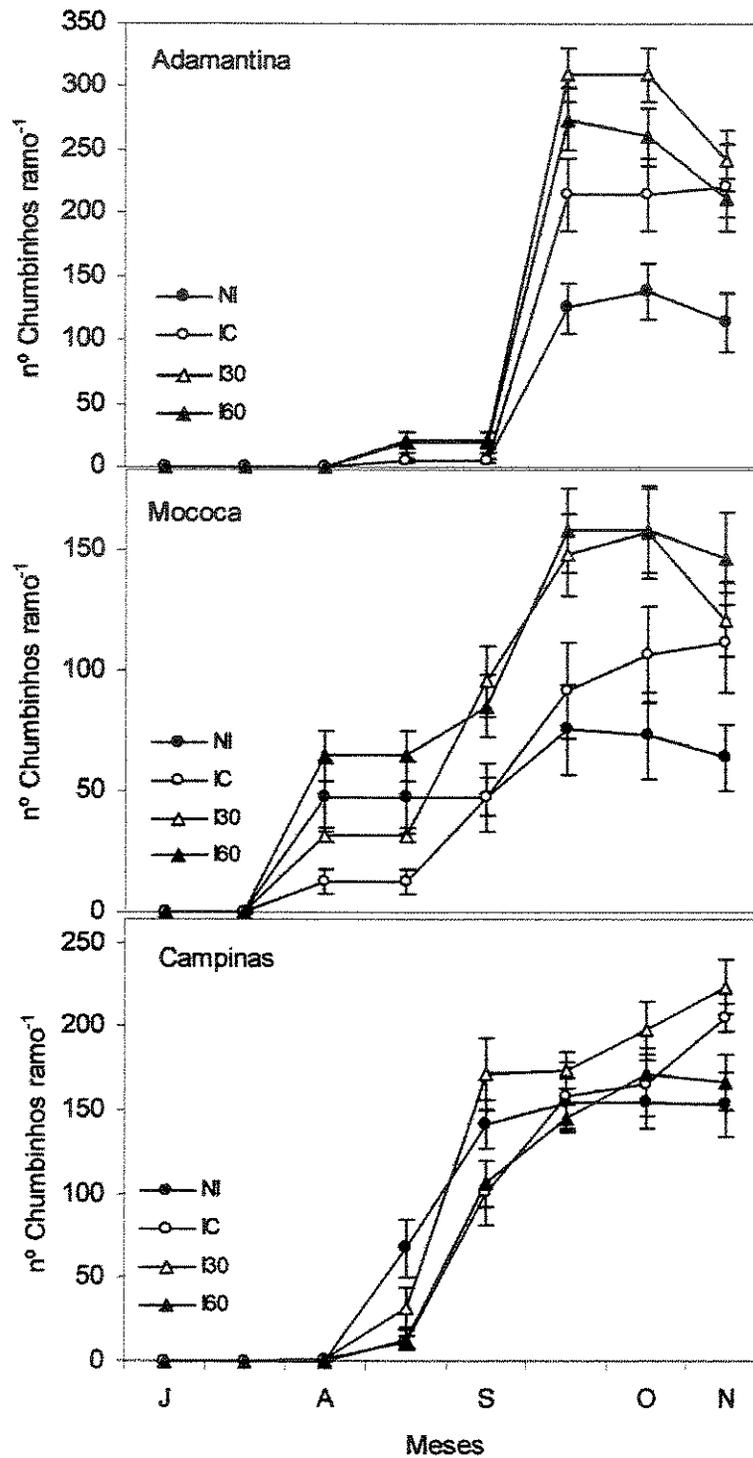


**Figura 12:** Número de frutos no estágio de chumbinho surgidos após cada florada nas localidades de Adamantina (AD), Mococa (MC) e Campinas (CP), no período de julho a novembro de 2001. Barras indicam o erro padrão da média.

hídrico interno suficiente para quebrar a dormência das gemas. E, segundo Browning & Fisher (1975) esse déficit hídrico seria devido à alta resistência desenvolvida pelas raízes ao fluxo de água para a planta, fato confirmado por Brunini & Angelocci (1998), que observaram que a maior resistência ao transporte de água no sistema solo planta para cultura do cafeeiro está localizada nas raízes. No entanto, nossos dados diferem daqueles obtidos por Alvim (1960), no Peru, e Crisosto *et al.* (1992), no Hawaii, que observaram em condições de campo e de casa de vegetação, que sob irrigação contínua as gemas florais permaneciam dormentes e o florescimento não ocorria.

No 2º ano (Figura 13) as respostas das plantas aos diferentes tratamentos foram menos pronunciadas, observando-se, independente do tratamento, surtos prematuros de florescimento os quais foram mais intensos em Mococa. Em Adamantina o florescimento resumiu-se basicamente em um único episódio ocorrido entre a primeira e segunda quinzena de setembro de 2002, ao passo que em Mococa e Campinas, ocorreram repetidos episódios, iniciados em agosto, estendendo-se até novembro. Tais respostas podem ter sido resultado das chuvas (Figura 2) que em Adamantina se estenderam de julho ao final de setembro num total de 212 mm, bem como por aumentos na temperatura do ar, observadas a partir de fins de julho. Em Mococa, o 1º episódio de florescimento ocorreu em início de agosto e coincidiu com a chuvas e um aumento na temperatura média do ar, que em relação ao mesmo período do ano anterior foi 2,8°C mais quente. Pela intensidade do florescimento observado, sugere-se que nem todas as gemas estavam maduras para o florescimento, reforçando a necessidade de um período mais longo de imposição do déficit hídrico, no caso, 60 dias. Apesar disso, esses dados mostram muito bem que, sob condições de campo, o manejo da irrigação no controle do florescimento é bastante dependente da

distribuição das chuvas, que podem influenciar na severidade da estação seca (Carr, 2001).



**Figura 13.** Número de frutos no estágio de chumbinho surgidos após cada florada nas localidades de Adamantina (AD), Mococa (MC) e Campinas (CP), no período de julho a novembro de 2002. Barras indicam o erro padrão da média.

De qualquer forma, o florescimento nos diferentes tratamentos apresentou estreita relação com a uniformidade de desenvolvimento dos frutos, com considerável efeito da irrigação na produção final dos cafeeiros. As tabelas 1 e 2 apresentam as variações nos parâmetros de produção nos 1º e 2º anos respectivamente. Observa-se que do total de frutos colhidos por ramo, a maior porcentagem de verde ocorreu nos tratamentos IC, os quais também apresentaram os maiores  $\Psi_{wa}$  e número de floradas. De modo oposto, a maior porcentagem de frutos cereja foi observada nos tratamentos NI e I60, no entanto, no I60, a boa uniformidade esteve aliada a maior produção por planta.

De fato, as maiores valores de produção por planta em cada localidade foram obtidos nos tratamentos irrigados, com diferenças significativas em relação aos tratamentos NI, sendo a maior delas obtida em Mococa no 1º ano (Tabela 1) com 0,10, 1,09, 1,08 e 1,09 kg.planta<sup>-1</sup> de café beneficiado, nos tratamentos NI, IC, I30 e I60 respectivamente. Considerando-se o espaçamento em que as plantas foram cultivadas (2,5 x 1,0), isso corresponde a produtividade de 400, 4360, 4320 e 4360 kg.ha<sup>-1</sup>. Dados semelhantes foram obtidos por Sakai *et al.* (2003) em um experimento que avaliou o efeito de diferentes intervalos de irrigação na produtividade da cultivar Obatã em Mococa, com valores médios de 662 kg.ha<sup>-1</sup> no tratamento não irrigado e 4400 kg.ha<sup>-1</sup> nos cafeeiros irrigados. Esses autores também avaliaram o rendimento no benefício e a peneira média dos grãos de café, e observaram que a renda variou de 43 a 48 % e a peneira média entre 16 e 17.

Nossos dados foram semelhantes e demonstraram que no 1º ano (Tabela 1) o rendimento no processamento e o tamanho do grão indicado pela peneira média variaram independente dos tratamentos e da localidade, de 42,5 a 49% e de 16 a 18 respectivamente.

**Tabela 1.** Parâmetros de produção dos cafeeiros cultivados nos tratamentos não irrigado (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), no período de julho de 2001 a maio de 2002.

Local	Tratamentos	Parâmetros de Produção (Ano 2001/02)						
		Nº Chumbinhos	Nº Frutos Colhidos	Frutos Verdes (%)	Frutos Cereja (%)	Produção kg planta <sup>-1</sup>	Renda (%)	Peneira Média
AD	NI	159ns	114ab	4,4	95,6	0,68a	45,2 ns	16,0a
	IC	177ns	130ab	18,4	81,6	0,86ab	42,3ns	16,5ab
	I30	147ns	96a	26	74	0,89b	42,5ns	16,8bc
	I60	188ns	164b	3,2	96,8	0,95b	47,4ns	17,2c
MC	NI	51a	36a	5,2	94,8	0,10a	46,0ns	18,0b
	IC	142b	114b	48,7	51,3	1,09b	46,2ns	16,8a
	I30	142b	124b	21,7	78,3	1,08b	46,8ns	16,9a
	I60	191c	131b	11	89	1,09b	46,5ns	17,0a
CP	NI	122a	99a	11,1	88,9	0,52a	45,3a	16,9ns
	IC	161ab	156ab	39,4	60,6	0,63a	50,3c	17,1ns
	I30	212b	195b	8,3	91,7	1,07b	46,1ab	16,7ns
	I60	167ab	141ab	5,8	94,2	1,29c	47,9b	16,7ns

<sup>1</sup> Média seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo;

No 2º ano (Tabela 2) os valores foram menores, com rendimento variando de 40 a 45% e a peneira média de 15,1 a 16,9. Em uma caracterização de cultivares e linhagens de café tipo Arábica, Aguiar (2001) determinou para a cultivar Obatã em Mococa, sob condições de sequeiro, rendimento de 43% e peneira média de 16,8. Assim no que se refere ao rendimento, todos os casos apresentados, ficaram abaixo de 50%, o qual é considerado por Mônaco (1960) um valor ideal. Já a alta peneira média observada no tratamento NI em Mococa no 1º ano pode ser consequência da baixíssima produção, o que permitiria um maior investimento de matéria seca por fruto produzido. No aspecto geral, a irrigação não propiciou maiores rendas ou peneiras, em detrimento, talvez, das maiores produções em relação aos tratamentos não irrigados.

Outro aspecto a destacar é que a produção final foi definida logo no florescimento, vez que, a porcentagem de perda avaliada pelo número de frutos colhidos por ramo em relação ao total de chumbinhos produzidos após as floradas, foi semelhante, com maiores perdas ocorrendo inclusive em tratamentos irrigados, como pode ser observado no tratamento I60 em Mococa no 1º ano (Tabela 1), que apresentou perda de 32%. Segundo Carr (2001), tais reduções podem ser devido à fatores como polinização ou fertilização inadequada, períodos prolongados de seca antes, durante e logo após o florescimento e até a competição por espaço devido o excesso de frutos por nó. Em todo caso, independente da carga dos cafeeiros o pegamento dos frutos ficou acima de 50%, diferente do afirmado por Reis & Arruda, (1956) que no Brasil o pegamento de frutos do cafeeiro Arábica é em média de 40%. Entretanto, a maior produção nos tratamentos irrigados, reforça a importância dessa prática em períodos críticos como a iniciação floral conforme já fora sugerido por Drinnan & Menzel (1994).

Tabela 2. Parâmetros de produção dos cafeeiros cultivados nos tratamentos não irrigado (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), no período de julho de 2002 a maio de 2003.

Local	Tratamentos	Parâmetros de Produção (Ano 2002/03)						
		Nº Chumbinhos	Nº Frutos Colhidos	Frutos Verdes (%)	Frutos Cereja (%)	Produção kg planta <sup>-1</sup>	Renda (%)	Peneira Média
AD	NI	138a	110a	19	95,6	0,66a	42,1ns	15,7ns
	IC	220b	179b	22,1	77,9	0,92b	41,0ns	15,3ns
	I30	285b	208b	9,7	90,3	1,22c	44,9ns	15,2ns
	I60	274b	183b	6,6	93,4	0,88b	40,0ns	15,1ns
MC	NI	75a	56a	13,5	86,5	0,261a	41,0a	16,9a
	IC	111ab	86ab	21,6	78,4	0,420b	44,0b	16,1c
	I30	148b	125b	5,6	94,4	0,522b	45,0b	16,5bc
	I60	158b	91ab	2,3	97,7	0,480b	44,2b	16,6ab
CP	NI	154a	109a	3,5	96,5	0,390a	43,6ns	16,6a
	IC	205bc	198b	15,7	84,3	0,430ab	41,0ns	15,9b
	I30	223c	178b	9	91	0,670c	44,0ns	16,4a
	I60	171ab	131a	12,9	87,1	0,610ab	42,0ns	16,2ab

<sup>1</sup> Média seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade;  
ns = não significativo;

## 5. CONCLUSÕES

Os dados obtidos permitem concluir que, sob condições de campo, a irrigação proporcionou maior produção de cafés por planta, independente da localidade, sendo as maiores diferenças significativas observadas em Mococa.

A suspensão da irrigação por 60 dias nos meses de julho e agosto, favoreceu a obtenção de défices hídricos (-1,1 a 1,6 MPa) os quais foram mais efetivos na sincronização das floradas do cafeeiro Obatã, aliando uniformidade com boa produção. A menor diferença entre os tratamentos em Adamantina, e, em geral no 2º ano, demonstraram que esse manejo é bastante dependente das condições edafoclimáticas preponderantes.

O maior número de floradas e a baixa uniformidade de produção das plantas irrigadas continuamente, confirmam a necessidade de um período de seca na sincronização do florescimento.

Os baixos  $\Psi_{wa}$  (-2,5 a -2,8 MPa) das plantas não irrigadas, reduziram significativamente o número de flores se comparadas às plantas irrigadas, com reflexos na produção final, indicando a necessidade de irrigação para assegurar boa iniciação floral.

## 6. LITERATURA CITADA

- Aguiar, A.T.E. 2001. Utilização de descritores na caracterização de cultivares e linhagens de café tipo Arábica. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, SP. Dissertação de mestrado. 100p.
- Alvim, P. de T. 1960. Moisture stresses as a requirement for flowering of coffee. *Science*, 132: 354.
- Alvim, P. de T. 1985. *Coffea*. In: CRC Handbook of Flowering. Vol. 2. Ed. Halevy, A.H. CRC Press, Boca Raton. p.308-316.
- Astegiano, E.D.; Maestri, M.; Estevo, M. de M. 1988. Water stress and dormancy release in flower buds of *Coffea arabica* L.: Water movement into the buds. *J. Hort. Sci.* 63 (3): 529-533.
- Barros, R.S.; Maestri, M.; Coons, M.P. 1978. The physiology of flowering in coffee: A review. *J. Coffee Res.* 8: 29-73.
- Browning, G. 1973. Flower bud dormancy in *Coffea arabica* L. I. Studies on gibberellin in flower buds and xylem sap and abscisic acid in flower buds in relation to dormancy release. *J. Hort. Sci.* 48: 29-41.
- Browning, G & Fisher, N.M. 1975. Shoot growth in *Coffea arabica* L. II. Growth flushing stimulated by irrigation. *J. Hort. Sci.* 50: 207-218.
- Brunini, O. & Angelocci, L.R. 1998. Resistência ao fluxo de água no sistema solo-planta e recuperação do potencial da água na folha após estresse hídrico em mudas de cafeeiro. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 10(1): 45-50.
- Brunini, O. 2000. Sistema Balanço Hídrico do Café. Versão 1.0A. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, SP.

- Camargo, A.P.; Alfonsi, R.R.; Pinto, H.S.; Chiarini, J.V. 1977. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: Simpósio sobre cerrado, Brasília, DF. p. 89-120.
- Camargo, A.P. 1985. Florescimento e frutificação de café Arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.* 20: 831-839.
- Cannel, M.G.R. 1972. Photoperiodic response of mature trees of Arabica coffee. *Turrialba* 22: 198-206.
- Carr, M.K.V. 2001. The water relations and irrigation requirements of coffee. *Expl. Agric.* 37: 1-36.
- Castillo-Z., J. & Lopez-A., R. 1966. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. *Cenicafé* 17 (2): 51-60.
- Cortez, J.G. 1997. Aptidão climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. Informe Agropecuário, 18(187): 27-32.
- Crisosto, C.H. & Grantz, D.A. 1990. Response of coffee (*Coffea arabica* L.) bud developmental stage to water status. XXIII International Horticultural Congress, Firenze. Abstracts. Vol. 1. p.277.
- Crisosto, C.H.; Grantz, D.A.; Meizer, F.C. 1992. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). *Tree Physiol.* 10: 127-139.
- Cueto, M.A.; Leiva, A.; Tablada, R. 1984. La floración de *Coffea arabica* L. Comportamiento de plantas jóvenes crecidas al sol. *Cienc. Agric.*, 20: 45.
- Dean, L.A. 1939. Relationships between rainfall and coffee yields in the Kona district, Hawaii. *J. Agric. Res.* 59: 217-222.

- Drinnan, J.E. & Menzel, C.M. 1994. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. *J. Hort. Sci.* 69 (5): 841-849.
- Drinnan, J.E. & Menzel, C.M. 1995. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). *J. Hort. Sci.* 70(1): 25-34.
- Embrapa, 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF. 412 p.
- Fazuoli, L.C.; Gallo, P.B.; Cervellini, G.J.; Barros, I.; Van Raij, B. 1998. Café. In: Instruções agrícolas para as principais culturas – Boletim 200. (J.I. Fal; M.B.P. Camargo; M.A. Pizzinato; J.A. Betti; A. M. Melo; I.C. De Maria; A.M.C. Furlani eds.). 6ª ed. Instituto Agronômico de Campinas. 396p.
- Gopal, N.H. & Vasudeva, N. 1973. Physiological studies on flowering in Arabica coffee under South Indian conditions. I. Growth of flower buds and flowering. *Turrialba* 23 (2): 146-153.
- Gopal, N.H. 1974. Some physiological factors to be considered for stabilization of Arábica coffee production in South Indian. *Indian Coffee* 38: 218-221.
- Krug, C.A. 1940. O cálculo da peneira média na seleção do cafeeiro. *Rev. Inst. Café*, 15: 123-127.
- Magalhães, A.C. & Angelocci, L.R. 1976. Sudden alteration in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. *J. Hort. Sci.* 51: 419-423.
- Meireles, E. J.; Camargo, M.B.P.; Fahl, J.I.; Thomaziello, R.A.; Nacif, A. P.; Bardin, L. 2003. Análise do balanço hídrico seqüencial decendial (2002) para região cafeeira de Mococa, SP. In: Anais do III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Brasília, Embrapa Café. p.53-54.
- Mes, M.G. 1957. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. II. Breaking the dormancy of coffee buds. *Port. Acta Biol.* 4: 342-354.

- Moens, P. 1962. Étude écologique du développement génératif et végétatif des bourgeons de *Coffea canephora* Pierre: l'initiation florale. Inst. Nat. Étude Agron. Congo (INEAC), Sér. Scientifique, Vol. 96.
- Monaco, L.C. 1960. Efeito das lojas vazias sobre o rendimento do café Mundo Novo. *Bragantia*, 19(1): 1-12.
- Prado, H.; Tremocoldi, W.A.; Menk, J.R.F. 2003. Levantamento pedológico detalhado do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Paulista, Adamantina (SP). *Boletim Científico* 10, Série Pesquisa Apta. Instituto Agrônômico de Campinas, SP. 27p.
- Reis, A. J. & Arruda, H.V. 1956. Frutificação no cafeeiro. *Bragantia*, 15: 93-98.
- Rena, A.B.; Barros, R.S.; Maestri, M. 2001. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro. In: **Tecnologias de produção de café com qualidade**. (L. Zambolim, ed.). Editora da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG. 648p.
- Russo Jr., M. 1980. Dados climáticos auxiliares para planejamento e projeto de sistemas de irrigação. São Paulo, CESP. 13p.
- Sakai, E.; Gallo, P.B.; Fahl, J.I.; Arruda, F.B.; Iaffe, A.; Pires, R.C.M.; Calheiros, R.O. 2000. Efeito do desenvolvimento do sistema radicular na produtividade do cafeeiro enxertado em Mococa, SP. In: Resumos Expandidos do I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Embrapa Café, Brasília, DF. v.1. p. 58-61.
- Sakai, E.; Arruda, F.B.; Silva, E.A.; Gallo, P.B.; Cavichioli, J.C.; Paulo, E.M.; Brunini, O.; Pires, R.C.M. 2003. Efeito da irrigação e temperatura na produção e peneira média do café Obatã em duas regiões do estado de São Paulo In: Anais do III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Embrapa Café. Brasília, DF. p. 125-126.

- Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Bradstreet, E.D.; Hemmingen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.
- Schuch, U.K.; Fuchigami, L.H.; Nagao, M.A. 1992. Flowering, ethylene production, and ion leakage of coffee in response to water stresses and gibberellic acid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(1): 158-163.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Review* 6: 5-131.
- Thornthwaite, C.W. & Mather, J.R. 1955. The water balance. Centerton, Laboratory of climatology. *Publications in climatology*, v.1. 140p.
- Went, F.W. 1957. Experimental control of plant growth. *Chronica Botanica*, Waltham. Massachusets. p. 164-168.
- Wormer, T.M. 1965. Some physiological problems of coffee cultivation in Kenya. *Café* 6: 1-20.
- Wormer, T.M. & Gituanja, J. 1970. Seasonal patterns of growth and development of Arabica coffee in Kenya. Part II. Flower initiation and differentiation in coffee east of Rift Valley. *Kenya Coffee* 35: 270-277.

## 2º Capítulo

# INFLUÊNCIA DE DISTINTAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS E DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ VERDE: RELAÇÕES COM A QUALIDADE DE BEBIDA

## 1. INTRODUÇÃO

São vários os trabalhos realizados visando relacionar a composição química do grão de café-verde com a qualidade da bebida, buscando responder do ponto de vista químico quais substâncias determinam na bebida a sua aceitação ou rejeição e quais são os precursores e as reações que resultam nestas substâncias desejáveis ou não no grão cru de café (Clifford, 1985).

Análises dos níveis de alguns dos principais constituintes dos grão de café e sua contribuição na qualidade da bebida estão disponíveis na literatura (Clifford, 1985; De Maria *et al.*, 1996; Reineccius, 1995), sendo atenção especial dada aos compostos fenólicos (Clifford, 1997), ácidos graxos (Mazzafera *et al.*, 1998), carboidratos (Rogers *et al.*, 1999a), proteínas (Montavon *et al.*, 2003a e b) e aminoácidos (Shimizu & Mazzafera, 2000; Selmar *et al.* 2001), bem como, a ação de enzimas sobre alguns desses constituintes (Amorim & Amorim, 1977; Ludwig *et al.*, 2000). A exemplo, segundo vários autores, café de melhor qualidade apresenta maior atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) que café de menor qualidade (Carvalho *et al.*, 1994). Entretanto, o uso da atividade dessa enzima como indicador da qualidade de bebida tem sido contestado (Mazzafera *et al.*, 2002)

Porém, as concentrações dos compostos mencionados e os mecanismos bioquímicos que definem suas misturas permanecem ainda desconhecidos, o que dificulta estabelecer relações com a qualidade da bebida (Montavon *et al.*, 2003a). Em

parte, isso se deve ao fato de que, a composição química e por extensão a qualidade da bebida, são influenciadas por diversos fatores como, a origem genética (Carvalho, 1988; Scholz *et al.*, 2001); métodos de colheita (Leite & Carvalho, 1994), cuidados pós-colheita (Clarck, 1985; Vincent, 1985), defeitos das sementes (Mazzafera, 1999), bem como por fatores do ambiente, como clima, solo, práticas de cultivo, e irrigação, os quais, a despeito da sua importância, têm sido muito pouco investigados. Os poucos trabalhos disponíveis consideram apenas um ou outro componente químico como fator determinante da qualidade da bebida.

Leite & Carvalho (1994) avaliaram a influência do local de cultivo e do tipo de colheita na composição química do grão de café, com base apenas na atividade da PPO e índice de coloração. De modo semelhante, Moreira *et al.* (2001), diferenciaram amostras brasileiras de café arábica com base apenas na composição de ácidos clorogênicos, porém, em ambos os casos nenhuma relação consistente com a qualidade da bebida foi estabelecida.

Mais recentemente, Decazzy *et al.* (2003) avaliaram a qualidade dos cafés de Honduras com base no local de cultivo e na composição de lipídios, cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos das sementes, observando por meio de análises de componentes principais, que os melhores cafés eram obtidos a altitudes acima de 1000 m, onde a precipitação anual permanecia abaixo de 1500 mm, e que os cafés mais ácidos eram aquele que apresentavam maior conteúdo de lipídios, sacarose e ácidos clorogênicos, observando ainda uma relação inversa entre o teor de lipídios e a precipitação.

No Brasil, a julgar pela extensão do parque cafeeiro, que abrange diferentes condições edafoclimáticas, nenhum trabalho nesse sentido ainda foi realizado, principalmente considerando-se as diferentes práticas de cultivo, na qual se destaca a irrigação. Segundo Camargo *et al.* (1992), as áreas climaticamente aptas para a cultura

do cafeeiro no Brasil, quanto aos aspectos hídrico e térmico, podem produzir café de bebidas classificadas desde mole até rio.

Quanto à irrigação, pesquisas têm se concentrado sobre seus efeitos no aumento de produtividade e sincronização das floradas (Carr, 2001), sendo a qualidade avaliada somente quanto à uniformidade de produção e aspectos físicos da semente, como tamanho, peneira média, isto é, fatores que eventualmente podem ser determinantes da composição química e qualidade da bebida. Porém, pesquisas sobre a influência na composição do grão de café verde também não têm sido realizadas.

Outro aspecto que tem dificultado o estabelecimento de relações entre a composição química das sementes de café e a qualidade da bebida é a subjetividade da classificação da bebida, a qual é realizada por provadores treinados que a diferenciam sensorialmente, ficando passível de erros (Carvalho *et al.*, 1994). Estudos estatísticos colocam em dúvida a segurança com que os provadores classificam o café quanto a bebida (Barbosa *et al.* 1962 *apud* Carvalho *et al.*, 1994). Nesse sentido, o uso de sensores artificiais conhecidos como “língua eletrônica” (Ferreira *et al.*, 2003; Riul Jr. *et al.*, 2003) capazes de distinguir diferentes soluções a concentrações em partes por bilhão (ppb), têm sido indicados na diferenciação de cafés.

Assim, pesquisas sobre a influência de distintas condições edafoclimáticas na composição química do café e sua relação com a qualidade da bebida devem ser realizadas, principalmente considerando-se as diferentes práticas de cultivo como a irrigação e os novos métodos artificiais de diferenciação da bebida.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de distintas condições edafoclimáticas e do manejo da irrigação na composição química do grão de café verde e sua relação com a qualidade da bebida.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1. Origem, colheita e preparo das amostras

As sementes de café utilizadas nas análises dos diferentes compostos químicos, foram obtidas de um experimento com cafeeiros (*Coffea arabica* L. cv. Obatã IAC 1669-20), cultivados nas localidades de Adamantina (AD) (21°41'S, 51°05'W e altitude 443m), Mococa (MC) (21°28'S, 47°01'W e altitude 663 m) e Campinas (CP) (22°54'S, 47°05'W e altitude 669m), no período de julho de 2001 a maio de 2002. Os tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, referem-se aos seguintes manejos de irrigação: Não irrigados (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), sendo cada tratamento constituído de 10 plantas úteis.

A colheita foi realizada por planta sob forma de derriça em peneira, de modo a evitar a queda dos frutos no chão. O processamento do café recém colhido foi realizado pelo método da via seca em terreiro. Para tal, a produção de café cereja de cada planta foi acondicionada separadamente em sacos duplos de náilon de malha larga e postos para secar ao sol, com constante revolvimento durante o dia. Após a secagem que levou aproximadamente 15 dias, procedeu-se o beneficiamento dos frutos para remoção da casca e do pergaminho.

De cada tratamento foram separadas dez amostras, sendo uma por planta, que foram juntadas duas a duas para a obtenção de 5 amostras de 50g de café beneficiado

por tratamento, as quais foram finamente moídas utilizando-se um moinho de facas de alta rotação e acondicionadas a -20°C para análises posteriores. Amostras adicionais não moídas foram também obtidas para determinação do peso de 100 sementes, da peneira média (Krug, 1940) e testes da qualidade da bebida por análises sensoriais e eletrônicas.

### **3.2. Parâmetros climáticos**

Os dados de temperatura média do ar ( $T_a$ ) e o somatório da precipitação em intervalos quinzenais foram obtidos de Estações Meteorológicas Automáticas situadas a aproximadamente 500 m das áreas experimentais.

### **3.3. Análises químicas**

Os açúcares solúveis totais (AST) e redutores (AR), sacarose, fenóis solúveis totais, ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico - 5-CQA), cafeína, proteínas solúveis totais (PST) e aminoácidos totais (AA), foram determinados em extrato etanólico 80%. A extração (50mg de farinha em 5 ml de etanol 80%) foi realizada em banho-maria a 60°C por 2 horas com agitação constante. Em seguida as amostras foram centrifugadas por 5 minutos, recuperando-se o sobrenadante.

As concentrações de AST (McReady, 1959), AR (Nelson, 1944); sacarose (van Handel, 1968), fenóis totais (Swain & Hillis, 1959) e AA (Cocking & Yemm, 1954) foram determinadas colorimetricamente. Já as concentrações de cafeína e 5-CQA foram determinadas por cromatografia líquida de alta eficiência de fase reversa (CLAE-FR) conforme Mazzafera (1997). Glicose, sacarose, ácido fênico e leucina, foram utilizados como padrões para quantificação colorimétrica de AST, AR, Sacarose, Fenóis totais e AA, respectivamente. E Padrões puros de cafeína e 5-CQA foram utilizados para sua

quantificação. O precipitado resultante da centrifugação das amostras extraídas com etanol foi ressuspendido em 2ml de Dimetilsulfóxido (DMSO) a 90% por 16 horas com agitação constante a temperatura ambiente. Após esse período, procedeu-se nova centrifugação a 3000 rpm, recuperando-se o DMSO para dosagem do Amido, utilizando-se como padrão a glicose (McReady, 1959).

Ainda por análises colorimétricas foram determinadas as concentrações de lipídios e PST. Para lipídios, utilizou-se amostras de 500 mg em 5 ml de hexano acondicionados em tubos de tampa rosqueada mantidos por 3 dias em banho-maria a 60°C, seguindo-se centrifugação das amostras, recuperando-se o sobrenadante para dosagem conforme Chabrol & Charonnat (1937). As PST foram extraídas de amostras de 100 mg em 5 ml de NaOH 0,1N por 12 horas, sendo as concentrações determinadas por Bradford (1976). Os padrões para lipídios e PST foram respectivamente ácido linoleico (Sigma) e albumina soro bovino (BSA).

O nitrogênio total (N) foi determinado em amostras de 100 mg pelo método de Kjeldahl (Pearson, 1976).

A exceção dos lipídios em que utilizou-se uma amostra composta de 5 replicatas e do N, que considerou-se 3 repetições, demais análises foram realizadas considerando-se 5 repetições por tratamento.

A atividade da polifenoloxidase (PPO) foi determinada utilizando-se uma amostra de 500 mg de cada tratamento, procedendo-se a extração protéica com 15ml de tampão fosfato-Na, 100mM, pH 7,0, 4°C, contendo 1% de ácido ascórbico e adicionando-se 50mg de polivinilpolipirrolidona na extração. O extrato foi centrifugado a 27.200 x g a 4°C, sendo o sobrenadante recuperado e desalinizado em mini-colunas Sephadex G25 PD-10-Pharmacia (Mazzafera *et al.*, 2002). As proteínas foram eluídas das colunas com tampão fosfato-Na 10mM, pH 7,0 a 4°C, sendo suas concentrações

determinadas conforme Bradford (1976). A atividade da PPO foi determinada pelo consumo de O<sub>2</sub> conforme Mazzafera & Robinson (2000). Uma fração do extrato foi utilizada para determinação colorimétrica da atividade de proteases totais, pelo método da Azocaseína (Oliveira *et al.*, 2002).

Para análises eletroforéticas das proteínas de reserva das sementes de café, 2g de amostras de cada tratamento foram delipidadas com hexano por 12 horas, sendo as proteínas extraídas de 500 mg de amostra delipidada, por maceração em almofariz com 10mL de tampão Borato de Sódio 100mM, pH 8,0, 4°C, contendo dietilditiocarbamato de sódio (DIECA) 50 mM, ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 50mM, NaCl 300mM e 2% de ácido ascórbico (Mazzafera, 1999, Baú *et al.*, 2001). O sobrenadante recuperado por centrifugação (39.200 x g por 20 min.) foi combinado com o sobrenadante de uma segunda extração do precipitado, determinando-se a concentração das proteínas (Bradford, 1976). Os perfis protéicos desses extratos foram obtidos por eletroforese em gel de poliacrilamida na presença de dodecil-sulfato-sódio (SDS-PAGE), utilizando no gel principal 12,5% de poliacrilamida (Laemmli, 1970). As proteínas no gel foram coradas com Coomassie Blue R250.

### **3.4. Qualidade da bebida**

#### **3.4.1. Análise sensorial**

Para análise sensorial da bebida dos cafés produzidos nos diferentes tratamentos e locais de cultivo, amostras de 200g de café beneficiado foram submetidas à avaliação de 3 classificadores profissionais. Os cafés foram avaliados quanto a classificação e a qualidade global da bebida (QG) que corresponde a uma escala hedônica de 0 a 5 pontos, que reúne os critérios de aroma, corpo, acidez e

amargor. Como referência, cafés de qualidade global máxima, são aromáticos, encorpados, de acidez moderada e leve amargor (Decazzy *et al.*, 2003).

#### 3.4.2. Análise da bebida por método eletrônico

As análises da bebida por método eletrônico foram realizadas utilizando-se uma "língua eletrônica" composta de 6 eletrodos capazes de distinguir soluções salinas, doces, amargas e ácidas (Riul Jr., *et al.*, 2003). Para tal, amostras de 200g de café beneficiado foram torradas a temperatura aproximada de 200°C por 8 minutos e posteriormente moídas. A bebida foi preparada em água deionizada, na proporção de 10g de café torrado em 100ml de água. As análises foram realizadas na Embrapa Instrumentação Agrícola, São Carlos, SP.

### 3.5. Análises Estatísticas

Os dados referentes a composição química das sementes de café entre os tratamentos de uma mesma localidade foram submetidos a análise de variância, sendo usado o teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade para comparação das médias.

Diferenças entre localidades foram avaliadas por Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando-se o programa computacional Pirouette 2.2 (Infometrix, 1997).

A PCA nada mais é que uma manipulação matemática da matriz de dados com o objetivo de reduzir a dimensionalidade original da mesma e está fundamentada na correlação entre as variáveis, agrupando aquelas que estão altamente correlacionadas numa nova variável chamada componente principal. Assim, este novo conjunto de eixos

e coordenadas, nos quais projetamos nossos dados são muito mais informativos e em menor número que as variáveis originais.

Nessa análise, os dados da composição química, peso de 100 sementes, peneira média e QG foram previamente auto-escalados, devido a variação na ordem de grandeza dos diversos parâmetros analisados. O auto-escalamento corresponde a um pré-processamento dos dados originais e consiste em centrar os dados na média e dividi-los pelo respectivo desvio padrão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variação sazonal na temperatura média do ar e precipitação

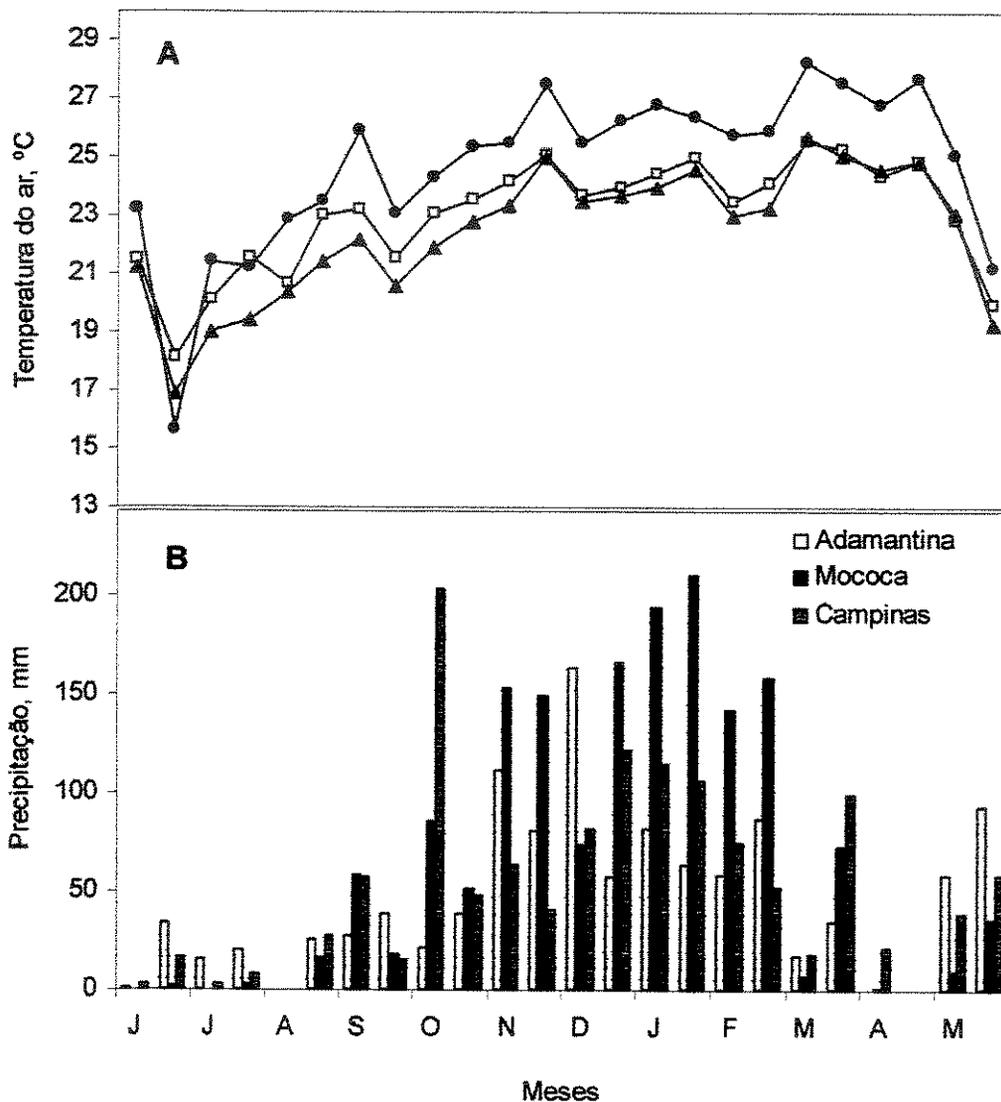
A figura 1 apresenta as variações na temperatura média do ar ( $T_a$ ) e precipitação no período de junho de 2001 a maio de 2002, nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas. Nesse período, a  $T_a$  (Figura 1A) nas respectivas localidades foi de 24,7, 22,9 e 22,3°C. Como pode-se observar em Adamantina a  $T_a$  foi em média 1,6 e 2,4°C mais alta que nas localidades de Mococa e Campinas respectivamente.

A precipitação (Figura 1B) foi menor em Adamantina em relação a Mococa e Campinas. No período analisado as chuvas nessas localidades totalizaram 1128, 1602 e 1273 mm respectivamente, sendo que desses totais 78,1, 95,8 e 86% entre os meses de setembro de 2001 a março de 2002.

De acordo com o modelo climático-fenológico proposto por Camargo & Camargo (2001) para o cafeeiro Arábica no Brasil, a granação dos frutos, fase em que os líquidos internos solidificam-se dando formação às sementes, sendo dessa forma definitiva na composição química dos grãos, ocorre entre os meses de janeiro a março. Segundo esses autores, estiagens nessa fase podem resultar no chochamento dos frutos. Como pode-se observar, as chuvas (Figura 1B) nesse período foram suficientes para evitar deficiências hídricas severas, sendo que somente no mês de março, estas ficaram abaixo da precipitação média normal para as três localidades.

Já a  $T_a$  (Figura 1A) entre os meses de janeiro e março foi cerca de 1,3, 0,7 e 0,8°C mais alta que a média normal para a aquele período nas respectivas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas. Destaca-se ainda que nesse mesmo período a  $T_a$  em Adamantina foi em média 2,2 e 2,7°C mais alta que nas localidades de Mococa e Campinas respectivamente. Apesar dessa diferença, informações sobre a influência da temperatura do ar no desenvolvimento dos frutos do cafeeiro que possam

influenciar na sua composição química e por extensão na qualidade da bebida, são escassas. Com base na aptidão climática para a cultura do cafeeiro, Camargo *et al.* (1992) sugerem que regiões de temperatura relativamente altas tendem a produzir bebidas duras, porém, dados sobre a relação entre composição química dos grãos e a qualidade da bebida, não são disponíveis.



**Figura 1.** Temperatura média do ar, (A) e precipitação acumulada (B) em intervalos quinzenais, nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas no período de junho de 2001 a maio de 2002.

## 4.2. Composição química e qualidade de bebida

Os resultados das análises nos grãos de café são apresentados na tabela 1. Exceto atividade de proteases, nenhuma outra análise mostrou tendência semelhante no que diz respeito o tratamento de irrigação. Para proteases, os controles não irrigados apresentaram menor atividade. Observa-se que entre os carboidratos analisados, a sacarose representou quase a totalidade dos açúcares solúveis, sendo em média 80% dos AST, corroborando com aqueles obtidos por Mazzafera (1999) e Rogers *et al.* (1999). Observa-se ainda, uma relação inversa entre as concentrações de sacarose e AR, isto é, os menores teores de sacarose estiveram associados às maiores concentrações de AR. De fato, sabe-se que a sacarose é a principal fonte de AR, os quais estão associados às reações que ocorrem durante a torrefação e contribuem para o aroma da bebida (Rogers *et al.*, 1999a).

O conteúdo de fenóis solúveis variou de 12 a 16% da composição das sementes. Desses totais, 5-CQA, o qual é o principal isômero de ácidos clorogênicos encontrados nas sementes de café, respondeu por cerca de 60% dos fenóis totais, porcentagem semelhante às observadas por Trugo *et al.* (1984) e Mazzafera (1999). Segundo Maier (1984) *apud* Rogers *et al.* (1999a), ácidos clorogênicos contribuem para a acidez final da bebida a qual afeta seu sabor e aroma.

As concentrações de cafeína oscilaram entre 0,77 a 1,13%, com poucas diferenças tanto entre tratamentos como entre localidades, sendo esses valores menores que os obtidos por Mazzafera (1999). Esse autor observou que as concentrações de cafeína também variaram pouco entre sementes defeituosas e intactas de café, sem diferenças estatisticamente significativas, a despeito da importância desse composto na qualidade da bebida do café, que está associado a características de amargor e adstringência.

**Tabela 1.** Composição química dos grãos de café verde, cultivados nos tratamentos não irrigados (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), nas localidades de Adamantina (AD), Mococa (MC) e Campinas (CP).

Tratamentos	Compostos										PPO Abs 440nm nmol O <sub>2</sub>		
	AST mg g <sup>-1</sup>	Amido mg g <sup>-1</sup>	AR mg g <sup>-1</sup>	Sacarose mg g <sup>-1</sup>	Fenóis mg g <sup>-1</sup>	5-CQA mg g <sup>-1</sup>	Lípidios mg g <sup>-1</sup>	PST mg g <sup>-1</sup>	AA μmol g	N g kg		Protease	
NI-AD	91,2ns	4,47ns	12,1a	91,1a	163,1a	88,9ns	9,9ns	138,3ns	37,8ns	14,5ns	25,1ns	0,060a	28,9ns
IC-AD	89,2ns	4,72ns	12,0a	77,3b	129,0b	86,7ns	9,0ns	148,9ns	35,7ns	14,8ns	25,2ns	0,094b	30,7ns
I30-AD	91,9ns	4,44ns	15,9b	72,2b	122,1b	83,9ns	8,1ns	149,2ns	35,1ns	13,9ns	22,9ns	0,109b	29,3ns
I60-AD	87,4ns	4,17ns	15,8b	78,4b	123,4b	80,9ns	7,7ns	138,0ns	37,6ns	12,5ns	28,8ns	0,094b	31,8ns
NI-MC	91,3ns	3,10ns	9,8a	80,3ns	139,4ns	89,8ns	11,3a	183,5ns	38,8b	12,4ns	23,1c	0,029a	23,8b
IC-MC	101,6ns	4,41ns	13,5b	73,9ns	150,7ns	97,1ns	8,5b	163,8ns	25,4a	12,0ns	19,3a	0,025a	18,1a
I30-MC	95,1ns	4,13ns	13,5b	76,0ns	143,0ns	92,5ns	7,8b	188,2ns	27,5a	11,9ns	21,3b	0,045b	18,3a
I60-MC	91,7ns	3,37ns	14,2b	77,4ns	143,7ns	85,7ns	8,7b	183,8ns	31,5ab	11,5ns	19,8a	0,055	26,1ab
NI-CP	97,3ns	3,16a	16,8ns	73,0ns	155,3bc	90,6ns	10,8b	162,9ns	36,2b	10,4ns	23,4b	0,038a	9,2a
IC-CP	101,3ns	4,32b	13,1ns	74,9ns	138,1a	91,3ns	10,7b	147,9ns	28,7a	11,7ns	23,9b	0,051b	9,3a
I30-CP	101,4ns	4,78b	16,4ns	76,4ns	146,9b	91,2ns	8,0a	154,3ns	25,8a	10,6ns	21,5a	0,046ab	16, c
I60-CP	101,1ns	4,78b	17,3ns	78,0ns	161,3c	85,7ns	9,2ab	144,5ns	28,4a	9,3ns	22,5ab	0,057b	12,1b

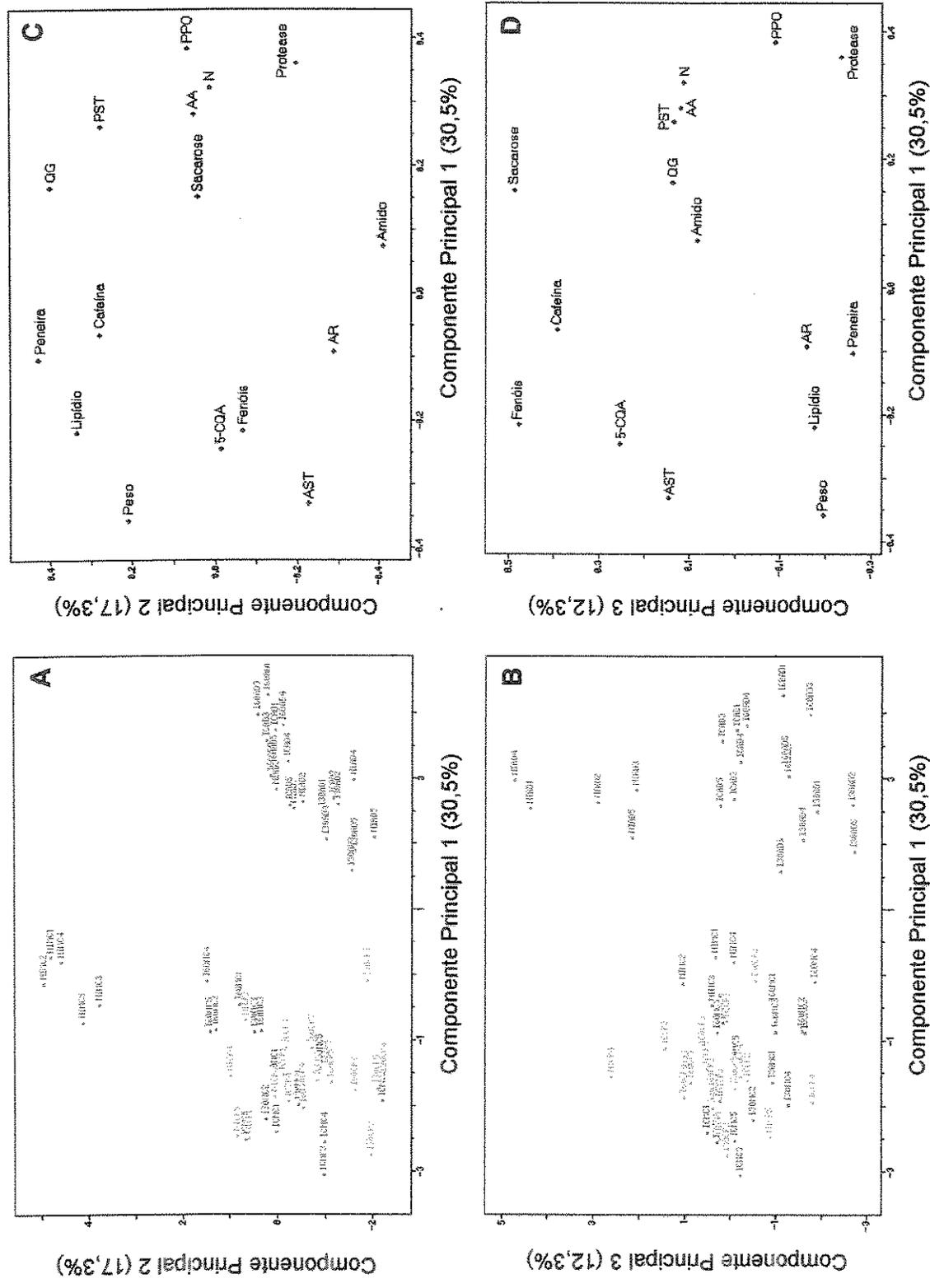
AST = Açúcares Solúveis Totais; AR= Açúcares Redutores; 5-CQA = Acido 5-Cateoquinico; PST= Proteínas Solúveis Totais; AA= Aminoácidos Livres Totais ; PPO= Polifenoloxidase  
Médias seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade; ns= não significativo  
N= nitrogênio total

Os lipídios também não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos de uma mesma localidade, no entanto, concentrações consideradas altas foram observadas em Mococa, em torno de 18%, ao passo que em Campinas estes foram de no máximo 16,3% e em Adamantina não ultrapassaram os 15%. Segundo Mazzafera (1998), os lipídios que também tem efeito na qualidade da bebida do café, apresentam variações entre 9 e 15%. Em trabalho recente, Decazzy *et al.* (2003), observaram que cafeeiros cultivados em altas altitudes (> 1000 m) produziam grãos com maior concentração de lipídios e davam melhor bebida, no entanto, segundo os autores, o papel dos lipídios na qualidade sensorial dos cafés permanece não elucidados.

De modo geral, com base em todos os componentes analisados e conforme já salientado, a irrigação não influenciou diretamente na composição química dos cafés. No entanto, diferenças notáveis foram observadas entre as três localidades, sugerindo efeito do local de cultivo. Tais diferenças foram influenciadas principalmente pelas concentrações dos compostos protéicos, ou a eles associados.

As análises de componentes principais (Figuras 1A e 1B) mostram que os cafés produzidos em Adamantina diferem quantitativamente na sua composição em relação aos cafés produzidos em Mococa e Campinas. Os gráficos de pesos também resultantes das PCAs (Figuras 1C e 1D) demonstram ainda que os principais componentes que influenciaram na distinção dos locais foram os dados de PST, AA, N e as atividades enzimáticas de proteases e da PPO, que foram sempre maiores na localidade de Adamantina, constituindo dessa forma a componente principal 1 que respondeu por 30,5% da variação local.

Hoje é largamente aceito que aminoácidos e peptídeos são requeridos na geração do aroma nos cafés, no entanto, os mecanismos que definem misturas de aminoácidos livres e peptídeos permanecem desconhecidos (Montavon *et al.*, 2003a).



**Figura 1.** Gráficos de escores (A e B) e de pesos (C e D), obtidos das análises de componentes principais (PCA) a partir dos dados de composição química, peso, peneira média e qualidade global (QG) de bebida, dos cafés cultivados nos tratamentos não-irrigados (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), nas localidades de Adamantina (AD), Mococa (MC) e Campinas (CP).

De qualquer modo, nossos dados demonstram a presença de proteases conforme já fora observado por Ludwig *et al.* (2000), porém, com atividade bem maior do que a detectada por aqueles autores, principalmente na localidade de Adamantina. As proteases podem ser divididas basicamente em endopeptidases, aminopeptidases e carboxypeptidases (Barrett, 1986) e promovem a quebra de proteínas em peptídeos menores e liberação de aminoácidos os quais são utilizados nas reações de geração do aroma do café. Assim, uma vez que, tanto as concentrações de PST, AA e atividade de proteases foram maiores em Adamantina, é provável que diferenças na qualidade da bebida, sejam observadas entre os cafés das diferentes localidades.

Outra enzima que tem sido relacionada a qualidade da bebida do café é a PPO, sendo que boa qualidade está associada com altas atividades dessa enzima (Amorim & Amorim, 1977; Amorim & Melo, 1989). Em nossos dados, a exemplo do observado para proteases, a maior atividade da PPO ocorreu também em Adamantina, porém, em todos as situações estas ficaram bem abaixo dos valores descritos na literatura (Mazzafera, 1999; Mazzafera & Robinson, 2000), cerca de 50 a 70% menores. Ressalte, entretanto, que as menores concentrações de fenóis totais e 5-CQA, coincidiram com as maiores atividades da PPO. Segundo Mazzafera & Robinson (2000), CQA é o melhor substrato da PPO de café.

Vários trabalhos na literatura têm demonstrado uma relação entre o conteúdo de fenóis e a atividade da PPO (Amorim & Amorim, 1977; Amorim & Melo, 1989; Mazzafera 1999). Segundo estes autores, a menor atividade da PPO em cafés de pior qualidade seria o resultado da exaustão de substrato para a enzima, como também pela própria ligação dessa com os produtos de oxidação dos fenóis catalisada por ela, ou seja as quinonas. Nossos resultados, no entanto, mostram que a maior atividade da PPO

relacionou-se com o menor teor de fenóis e CQA. O uso de PPO como indicador de qualidade de bebida tem sido questionado (Mazzafera *et al.*, 2002).

Na tentativa de se estabelecer uma relação entre a composição química e a qualidade da bebida, dados sobre aspectos físicos de peso e peneira média das sementes e qualidade global (QG) da bebida avaliada por análise sensorial (Tabela 2) foram inseridos na PCA. No entanto, a classificação da bebida não se apresentou como fator de peso na distinção dos cafés, quer seja entre tratamentos como entre localidades conforme observa-se nas análises de PCA (Figura 1). Constata-se na tabela

**Tabela 2.** Peso de 100 sementes (g), peneira média, Análise sensorial e qualidade global média (QG) da bebida, dos cafés cultivados nos tratamentos não irrigados (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60), nas localidades de Adamantina (AD), Mococa (MC) e Campinas (CP).

Tratamentos	Peso 100 Sementes (g)	Peneira Média	Análise Sensorial*			QG
			C1	C2	C3	
NI-AD	11	16	Dura	Dura Verde	Dura	2
IC-AD	12	16,5	*Dura +	Dura Verde	Apenas Mole	2
I30-AD	12,6	16,9	Dura	Dura Verde	Dura	1
I60-AD	12	17,2	Apenas Mole	Dura Verde	Apenas Mole	2
NI-MC	14,7	18	Apenas Mole	Dura	Apenas Mole	2
IC-MC	14,5	16,8	Dura Fermentada	Dura	Dura	3
I30-MC	14,6	16,9	Dura	Dura	Dura	2
I60-MC	14,6	17	Dura	Dura	Dura	3
NI-CP	14,6	16,9	Dura	Dura Verde	Dura	3
IC-CP	14,7	17,1	Dura Verde	Dura Verde	Dura	2
I30-CP	13,4	16,7	Dura	Dura Verde	Dura	2
I60-CP	14,3	17	Dura +	Dura	Dura	2

C1, C2 e C3 = Classificadores 1, 2 e 3 respectivamente; Dura+ = Dura para melhor.

2, que os testes sensoriais realizados por 3 classificadores foram bastante subjetivos, centrando na classificação da bebida dura. Alguns estudos estatísticos colocam em dúvida a segurança com que provadores classificam o café quanto a bebida (Barbosa *et al.*, 1962 ; Depledi, 1967 *apud* Carvalho *et al.*, 1994).

Em oposição a esses dados, análises da bebida utilizando-se a "língua eletrônica", permitiram diferenciar os cafés das três localidades (Figura 2) de forma semelhante a aquela obtida pela composição química (Figura 1), com os cafés de Adamantina diferenciando-se significativamente daqueles de Campinas e Mococa, demonstrando ser o método da língua eletrônica bastante útil na distinção de cafés, e que pode completar análises sensoriais.

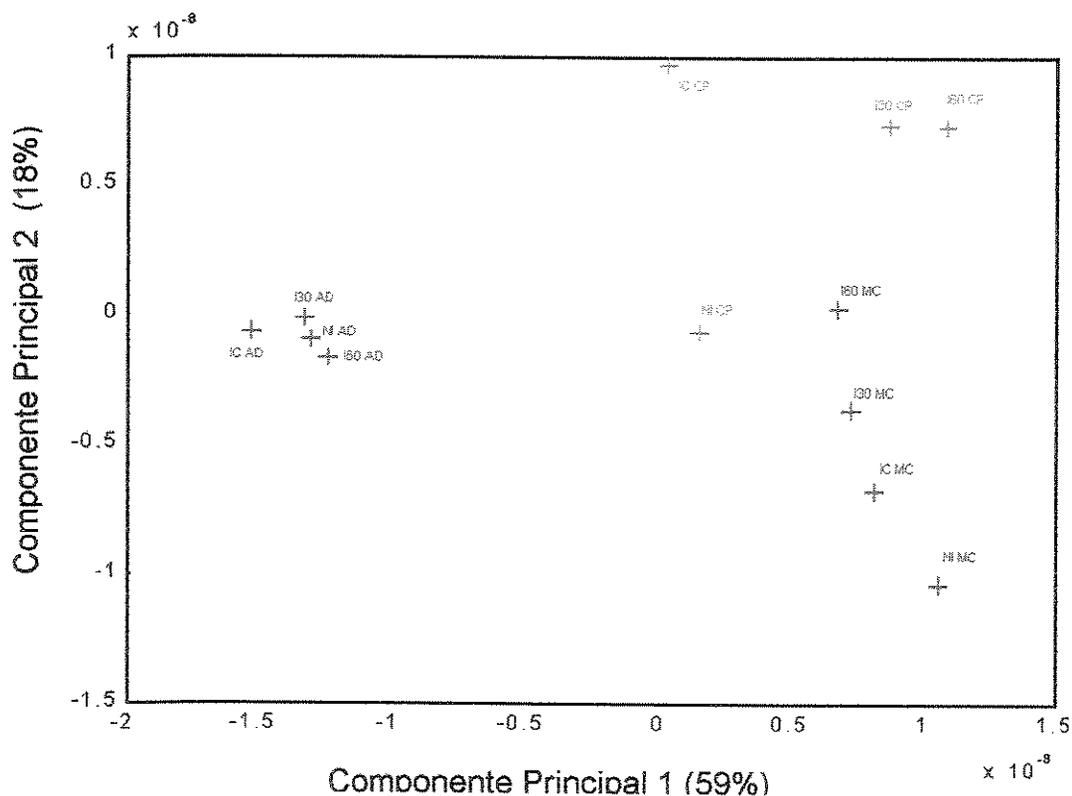


Figura 2. Análises de componentes principais demonstrando a influência do local de cultivo na qualidade da bebida avaliada pela Língua Eletrônica.

O uso dessa técnica, no entanto, é bastante recente, não havendo ainda dados disponíveis para plena comparação. De qualquer modo, Ferreira *et al.* (2003), observou que este foi bastante sensível na identificação de diferentes soluções em concentrações de partes por bilhão.

Perfis eletroforéticos das proteínas de reserva das sementes de café (Figura 3) confirmam os resultados obtidos, i.e., não apresentando diferenças entre tratamentos, porém, com diferenças de ordem quantitativa entre localidades. Bandas mais intensas observadas em Adamantina, indicam a maior quantidade de uma proteína com peso molecular aparente de 55 kDa, as quais apresentam-se em menor quantidade em Mococa, e que correspondem a uma globulina bem caracterizada por Acuña *et al.*, (1999) e Rogers *et al.* (1999b). Em contraposição, proteínas de alto peso molecular (acima de 99 kDa) foram mais evidentes em Mococa, e em menor intensidade em Campinas

Conforme já aludido, os dados da língua eletrônica também demonstram que as diferenças entre cafés ficaram restritas ao local de cultivo, sugerindo o efeito da variável edafoclimática. Assim, uma vez que a irrigação não afetou significativamente a composição química dos grãos de café, com resultados confirmados pela análise da língua eletrônica, a hipótese mais plausível é de que tais diferenças tenham sido influenciadas pela temperatura do ar. Sabe-se que a faixa de temperatura média anual ( $T_a$ ) ótima para o desenvolvimento do cafeeiro situa-se entre 18 e 22°C (Alègre, 1959). No ano agrícola de 2001/02 em que os frutos de café utilizados nesse estudo desenvolveram-se, a média anual de temperatura em Adamantina foi de 24,5°C, cerca de 2,5°C mais quente que o limite superior de 22°C. Já em Mococa e Campinas, estas foram respectivamente de 22,9 e 22,3°.

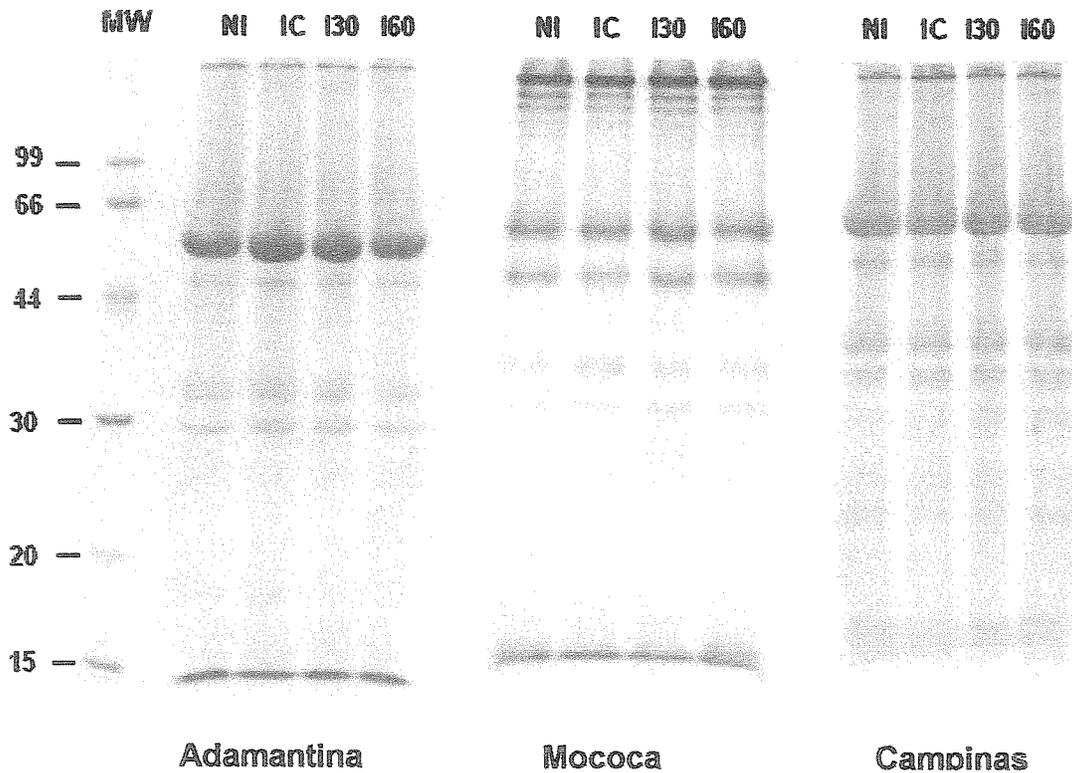


Figura 3. Perfis eletroforéticos (SDS-PAGE) das proteínas de reserva das sementes de cafés (*Coffea arabica* L. cv Obatã IAC1669-20) cultivados nos tratamentos não irrigados (NI), irrigados continuamente (IC) e irrigados com suspensão da irrigação por 30 dias no mês de julho (I30) e 60 dias nos meses de julho e agosto (I60) nas localidades de Adamantina, Mococa e Campinas.

Em um trabalho sobre a aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras do Brasil, Camargo *et al.* (1992) definiram a região de Adamantina como marginal por excesso de temperatura para a cultura do cafeeiro. Mais recentemente, em Honduras, diferenças na qualidade de cafés cultivados em diferentes locais foram observadas por Decazzy *et al.* (2003). Também utilizando análises de componentes principais, esses autores observaram que a qualidade esteve associada à

altitude, sendo que os melhores cafés foram encontrados a altitudes acima de 1000 m, onde as chuvas anuais permaneciam relativamente baixas para aquele país, por volta de 1500 mm. Porém, nenhuma associação com a temperatura foi estabelecida, apesar de temperatura do ar e altitude serem fatores intimamente relacionados. Os dados aqui apresentados foram obtidos de cafeeiros cultivados a altitudes máximas de 663, 669 e 443 m, respectivamente em Mococa e Campinas e Adamantina.

## 5. CONCLUSÕES

Análises da composição química permitiram a diferenciação de cafés produzidos em diferentes regiões, sendo as variações na composição das sementes perceptíveis a análise da bebida pelo método da língua eletrônica mas não pelas análises sensoriais.

A irrigação não foi fator condicionante na composição química dos cafés, com pouca ou nenhuma diferença significativa em relação a cafeeiros não irrigados, sendo tais diferenças condicionadas pelo local de cultivo, as quais, acredita-se seria influenciada pela temperatura do ar, que foi em média 2,5°C mais quente em Adamantina.

## 6. LITERATURA CITADA

- Acuña, R.; Bassüner, R.; Bellinson, V.; Cortina, H.; Gómez, G.C.; Montes, V.; Nielsen, C.N. 1999. Coffee seeds contain 11S storage proteins. *Physiol. Plant.* 105: 122-131.
- Alègre, C. 1959. Climats et caféiers d'Arabie. *Agron. Trop.* 14: 23-58.
- Amorim, H.V. & Amorim, V.L. 1977. Coffee enzymes and coffee quality. In: *Enzymes in food and beverage processings.* ( R.L. Ory, & A.J. St. Angelo, eds.). ACS Symposium series. v. 47. Amer. Chem. Society. p. 27-56.
- Amorim, H.V. & Melo, M. 1989. Significance of enzymes in non-alcoholic coffee beverage. In: *Food enzymology* (P.F. Fox, ed.). Elsevier Applied Science. p.189-209.
- Ferreira, M.; Riul Jr., A.; Wohnrath, K.; Fonseca, F.J.; Oliveira Jr.; O.N.; Mattoso, L.H. 2003. High performance taste sensor made from Langmuir-Blodgett films of conducting Polymers and Ruthenium complex. *Anal. Chem.* 75: 953-955.
- Barrett, A.J. 1986. The classes of proteolytic enzymes. In: *Plant Proteolytic Enzymes* (M.J. Dalling, ed.). v. 1. CRC Press Inc., Boca Raton. p. 1-16.
- Bradford, M.N. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dy-biding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Baú, S.M.T.; Mazzafera, P. 2001. Seed storage proteins in coffee. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 13(1): 33-40.
- Camargo, A.P.; Santinato, R.; Cortez, J.G. 1992. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Arábica no Brasil. In: *Anais do 19º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras.* p. 70-74.

- Carvalho, V.D.; Chagas, S.J.R.; Chalfon, S.M.; Botrel, N.; Juste Jr.; E.S.G. 1994. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade de bebida do café. *Pesq. Agrop. Bras.* 29(3): 449-454.
- Carvalho, A. 1988. Principles and practice of coffee plant breeding for productivity and quality factors. *Coffea arabica*. In: Coffee (R.J. Clarke, & R. Macrae, eds.). v. 4, Agronomy, London and New York. Elsevier Applied Science. p.129-160.
- Carr, M.K.V. 2001. The water relations and irrigation requirements of coffee. *Expl. Agric.* 37: 1-36.
- Chabrol, E. & Charonnat, R. 1937. Une nouvelle reaction pour l'étude des lipids. *L'eleidemie. Press. Med.* 45: 1713-1714.
- Clarke, R.J. 1985. Green coffee processing. In: Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage (M.N. Clifford, & K.C. Wilson, eds.). AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. p. 230-250
- Clifford, M.N. 1985. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage (M.N. Clifford, & K.C. Wilson, eds.). AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. p. 305-374.
- Clifford, M.N. 1997. The nature of chlorogenic acids: Are they advantageous compounds in coffee? In: Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Scientific Colloquium on Coffee, Kenya. ASIC, Paris, France. p. 79-91.
- Cocking, E.C. & Yemm, E.W. 1954. Estimation of amino acids by ninhydrin. *Biochem. J.* 58: xii-xiii.
- Decazy, F.; Avelino, J.; Guyot, B.; Perriot, J.I.; Pineda, C.; Cilas, C. 2003. Quality of diferent Honduran coffees in relation to several environments. *J. Food Sci.* 68(7), 2356-2361.

- De Maria, C. A. B.; Trugo, L.C.; Aquino Neto, F.R.; Moreira, R.F.A.; Alviano, C.B. 1996. Composition of green coffee water-soluble fractions and identification of volatiles formed during roasting. *Food Chem.* 55(3): 203-207.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of head of bacteriophage T<sub>4</sub>. *Nature* 227: 680-684.
- Leite, I.P. & Carvalho, V.D. 1994. Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café. *Pesq. Agrop. Bras.*, 29(2): 299-308.
- Ludwig, E.; Lipke, U.; Raczek, U.; Jager, A. 2000. Investigations of peptides and proteases in green coffee beans. *Eur. Food Res. Technol.* 211: 111-116.
- Mazzafera, P. 1997. Maté drinking caffeine and phenolic acid intake. *Food Chem.* 60: 67-71.
- Mazzafera, P. 1999. Chemical composition of defective coffee beans. *Food Chem.* 64: 547-554.
- Mazzafera, P.; Soave, D.; Zullo, M.A.T.; Guerreiro Filho, O. 1998. Oil content of green coffee from some coffee species. *Bragantia* 57(1): 45-49.
- Mazzafera, P. & Robinson, S.P. 2000. Characterization of polyphenol oxidase in coffee. *Phytochemistry* 55: 285-296.
- Mazzafera, P.; Gonçalves, K.V.; Shimizu, M.M. 2002. Extração e dosagem da atividade da polifenoloxidase do café. *Sci. Agric.* 59(4): 695-700.
- McReady, R.M.; Guggloz, J.; Silveira, V.; Owens, H.S. 1959. Determination of starch and amylose in vegetables: applications to peas. *Anal. Chem.* 22: 1156-1158.
- Moreira, R.F.A.; Trugo, L.C.; De Maria, C.A.B.; Matos, A.G.B.; Santos, S.M.; Leite, J.M.C. 2001. Discrimination of Brazilian arábica green coffee samples by chlorogenic acid composition. *Arch. Latin. Nutr.* 51(1): 94-99.

- Montavon, P.; Duruz, E.; Rumo, G.; Pratz, G. 2003a. Evolution of green coffee protein profile with maturation and relationship to coffee cup quality. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2328-2334.
- Montavon, P.; Mauron, A-F.; Duruz, E. 2003b. Changes in green coffee protein profiles during roasting. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2335-2343.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of de Somogy method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153, 375-380.
- Oliveira, A.S.; Pereira, R.A.; Lima, L.M.; Morais, A.H.A.; Melo, F.R.; Franco, O.L.; Bloch Jr.; C.; Grossi-de-Sá; M.F.; Sales, M.P. 2002. Activity toward bruchid pest of a kunitz-type inhibitor from seeds of the algaroba tree (*Prosopis juliflora* D.C.). *Pestic. Biochem. Physiol.* 72: 122-132.
- Pearson, D. 1976. *The chemical analysis of foods*. 7<sup>th</sup> ed. Chuchill Livingstone, London. p. 11-12.
- Pirouette. **Multivariate Data Analysis for IBM PC Systems**. Version 2.2. 1997. Infometrix, Seattle, WA, USA.
- Reineccius, G.A. 1995. The Maillard reaction and coffee flavor. In: *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Scientific Colloquium on Coffee*, Kyoto. ASIC, Paris, France. p. 249-257.
- Rogers, W.J.; Michaux, J.; Bastin, M.; Bucheli, P. 1999a. Changes to the content of sugar, sugar alcohols, myo-inositol; carboxilic acid and inorganic anions in developing grains from diferent varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. Arabica*) coffees. *Plant Sci.* 149: 115-123.
- Rogers, W.J.; Bézard, G.; Deshayes, A.; Meyer, I.; Petiard, V.; Marraccini, P. 1999b. Biochemical and molecular characterization and expression of the 11S-type storage protein from *Coffea arabica* endosperm. *Plant Physiol. Biochem.* 37: 261-272.

- Riul Jr., A.; Solo, A.M.G.; Mello, S.V.; Bone, S.; Taylor, D.M.; Mattoso, L.H.C. 2003. An electronic tongue using polypyrrole and polyaniline. *Synth. Metals* 132: 109-116.
- Selmar, D.; Bytof, G.; Knopp, S-E. 2001. New aspects of coffee processing. The relation between seed germination and coffee quality. In: Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Scientific Colloquium on coffee, Helsinki. ASIC, Paris, France. CD-Rom.
- Scholz, M.B.J.; Prete, C.E.C.; Crudj, E.; Magri, T.B. 2001. Composição química de variedades de café (*Coffea arabica*). In: I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Poços de Caldas, MG. p. 673-676.
- Shimizu, M.M. & Mazzafera, P. 2000. Compositional changes of proteins and amino acids in germinating coffee seeds. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 43(3), 259-265.
- Swain, T. & Hillis, W.E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I: The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.* 10: 63-68.
- Trugo, L.C. & Macrae, R.A. 1984. Study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using H.P.L.C. *Food Chem.* 15: 219-227.
- van Handel, E. 1968. Direct microdetermination of sucrose. *Anal. Biochem.* 22: 280-283.
- Vincent, J.C. 1985. Green coffee processing. In: *Coffee* (R. Macrae, ed.). v. 2. Elsevier Applied Science, London. p. 1-33.