

## Atributos fenológicos e agronômicos em cultivares de cafeeiro arábica

### Phenological and agronomic attributes in arabica cultivars of coffee tree

Cristiana de Gaspari Pezzopane<sup>I\*</sup> José Laércio Favarin<sup>I</sup> Mirian Perez Maluf<sup>II</sup>  
José Ricardo Macedo Pezzopane<sup>III</sup> Oliveira Guerreiro Filho<sup>IV</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do ano agrícola sobre os atributos fenológicos e agronômicos em diferentes cultivares de cafeeiro arábica. Os atributos fenológicos determinados foram estádios de frutificação, de gema dormente até fruto seco e duração do ciclo. Como atributos agronômicos, foram avaliados o rendimento, a produtividade, os tipos e o tamanho de grãos. O período entre antese até fase chumbinho não variou entre as cultivares para o ano agrícola 2004/2005, já para o ano agrícola seguinte a cultivar 'Icatu Precoce' apresentou antecipação da fase chumbinho, e a cultivar 'Obatã' atrasou o início do ciclo fenológico em relação às demais cultivares estudadas. A duração do ciclo variou com o ano agrícola, o que possibilitou a confirmação da influência dos efeitos ambientais nessa característica. Os atributos agronômicos (produtividade, rendimento, tipo e tamanho de grãos), independentemente das cultivares, também variaram com o ano agrícola.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, estádios fenológicos, duração do ciclo, maturação, componentes de produção.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate cultivars of *Coffea arabica* on the basis of phenology and agronomic attributes a function of the year of production. The phenological attributes were evaluated regarding phenology and percentage of cherry fruits at harvesting time. Agronomic traits evaluated included productivity and outturn, type of seeds and grain size.

The period between the blooms till the fruits at the beginning of growth did not vary among the coffee trees in the year of production 2004/2005. While in the following year the Icatu Precoce cultivar presented anticipation of the fruits at the beginning of growth and the 'Obatã' cultivar delayed the beginning of the phenological cycle due to the other cultivars studied. The duration of each cycle varied with the year of production and then all the coffee trees in this study could be differentiated on the timing of maturation (early, middle and late). The agronomic attributes (productivity, outturn, type and size of grains), regardless the different cultivars of coffee also varied with the year of production.

**Key words:** *Coffea arabica*, phenology stages, cycle duration, grain maturation, production components.

#### INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) completa seu ciclo em dois anos, período em que podem ser identificadas as seguintes fases: vegetação e formação das gemas foliares; indução e maturação das gemas florais; floração; formação dos frutos e maturação (CAMARGO & CAMARGO, 2001). Na fase reprodutiva, o cafeeiro pode apresentar várias floradas sendo uma principal, seguida de outras, cujo número depende das condições climáticas e da variabilidade genética (RENA & MAESTRI, 1987). Em razão disso, a maturação se torna desuniforme.

<sup>I</sup>Departamento Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP). Av. Pádua Dias, 11, 13480-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: cristiana.gaspari@gmail.com. \*Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Embrapa Café, Centro de Café 'Alcides Carvalho', Instituto Agronômico, Campinas, SP, Brasil.

<sup>III</sup>Departamento de Ciências da Saúde, Biológicas e Agrárias, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo. São Mateus, ES, Brasil

<sup>IV</sup>Centro de Café 'Alcides Carvalho' (IAC), Campinas, SP, Brasil.

O desenvolvimento dos frutos é um processo longo, que varia de seis a oito meses nas cultivares de *C. arabica*. Após a fecundação, começa o crescimento do fruto, pela divisão e alongação das células do perisperma (fase maternal), seguido do início da divisão das células do endosperma, as quais correspondem aos frutos chumbinho e frutos em expansão, respectivamente. Na seqüência tem-se a fase denominada de grão verde, a qual se caracteriza pelo desenvolvimento do endosperma por meio da alongação das células desse tecido, e o perisperma desaparece gradualmente, substituído pelo endosperma. Nas fases de maturação e amadurecimento (frutos verde cana e cereja), ocorrem o endurecimento do endosperma e a alteração da cor do pericarpo, proporcionados pelo acúmulo gradual de proteínas de reserva, sacarose e polissacarídeos complexos, que representam as principais reservas da semente (PEZZOPANE et al., 2003; CASTRO et al., 2005; DE CASTRO & MARRACCINI, 2006).

O conhecimento do comportamento das cultivares em relação ao ciclo fenológico, como uniformidade de maturação e duração do ciclo (precoce, médio e tardio), e aos atributos agronômicos é essencial para subsidiar as pesquisas que são desenvolvidas visando o melhoramento genético. Como a fase de frutificação do cafeeiro é bastante influenciada pelo ambiente, é fundamental que as pesquisas sejam realizadas em safras consecutivas a fim de que as plantas sejam submetidas a diferentes condições climáticas no campo.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o comportamento de cultivares de cafeeiro arábica com base em atributos fenológicos e agronômicos em função do ano agrícola.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em duas safras consecutivas (2004/2005 e 2005/2006), com plantas de um campo de cultivares do Centro de Café "Alcides Carvalho" do Instituto Agronômico (IAC), situado na Fazenda Santa Elisa, município de Campinas, São Paulo (SP). Para o estudo, foram avaliados atributos fenológicos e agronômicos relacionados com o desenvolvimento dos frutos no período de junho de 2004 a junho de 2006, sendo as parcelas úteis compostas de quatro plantas, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com quatro repetições.

Na safra 2004/2005, foram utilizadas quatro cultivares: 'Mundo Novo IAC 388-17', 'Catuaí Vermelho IAC 144', 'Icatu Vermelho IAC 4045' e 'Obatã IAC 1669-20'. No ano agrícola 2005/2006, além dessas

cultivares, foi acrescentada a cultivar 'Icatu Precoce IAC 3282'. As plantas foram implantadas no ano de 2000 com espaçamento de 3,5m entre linhas e 0,8m entre plantas, com uma população de 3.570 plantas por hectare.

Nas avaliações fenológicas da frutificação, foi adotado o método proposto por PEZZOPANE et al. (2003), em que são identificados 12 subperíodos para a fase reprodutiva, por meio de uma escala numérica, como: gema dormente (0); gema entumescida (1); abotoado (2); floração (3); pós-florada (4); frutos chumbinho (5); frutos em expansão (6); frutos verde (7); frutos verde cana (8); frutos cereja (9); frutos passa (10); e frutos secos (11).

Em todas as plantas de cada parcela e cultivar, foi marcado um ramo com orientação norte no terço médio superior da planta, para cada florada principal que aconteceu em cada ano agrícola. A partir desse procedimento, foram eliminadas as flores das floradas subsequentes, bem como os frutos de floradas anteriores. Na seqüência, foram atribuídas notas relativas ao desenvolvimento fenológico em todos os ramos marcados, com intervalos de sete a dez dias. A definição do estágio foi feita assim que este apresentava frequência superior a 50% no ramo. A duração do ciclo reprodutivo foi calculada a partir das datas fornecidas pela escala de notas fenológicas, sendo contados os dias da florada até frutos cereja.

Outra avaliação fenológica realizada foi a determinação da porcentagem de frutos maduros na colheita. Para isso, foi utilizada uma amostra de 0,5kg de frutos de cada cultivar, parcela e ano agrícola. Esses frutos foram separados em verde, verde cana, cereja, passa e seco, de acordo com a fase de desenvolvimento. O resultado foi expresso em porcentagem, obtida pela relação entre a massa de frutos típica de cada fase de frutificação pela amostra total de frutos.

No final das safras 2004/2005 e 2005/2006, foram feitas avaliações de componentes de produção como: produtividade, rendimento, tipos e tamanhos de grãos. Assim que as plantas apresentaram a maior parte dos frutos no estágio cereja, foi realizada a colheita por derriça das parcelas experimentais. De cada repetição, foram separadas amostras de 3,0kg de frutos e acondicionadas em sacos de náilon, os quais permaneceram sob secagem natural em terreiro até um teor de 11% de umidade. Posteriormente, foi obtida a produtividade de café em coco. Depois do processamento mecânico, foi obtida a massa de café beneficiado. O rendimento foi determinado pela relação entre a massa dos grãos beneficiados e a massa de grãos de café em coco, expresso em porcentagem.

Os tipos de grãos (chato, moca e concha) foram determinados separando-se manualmente uma amostra de 0,4kg de café beneficiado por repetição. As porcentagens de cada tipo de grão foram calculadas em relação à massa total de café beneficiado. A determinação da peneira média de grãos tipo chato foi obtida por meio de um conjunto de 15 peneiras com orifícios circulares, com diâmetro de 12/64 a 26/64 polegadas. O resultado foi obtido pela relação entre a somatória da massa de grãos de cada peneira multiplicada pelo número da peneira com a massa total de grãos (FAZUOLI, 1991).

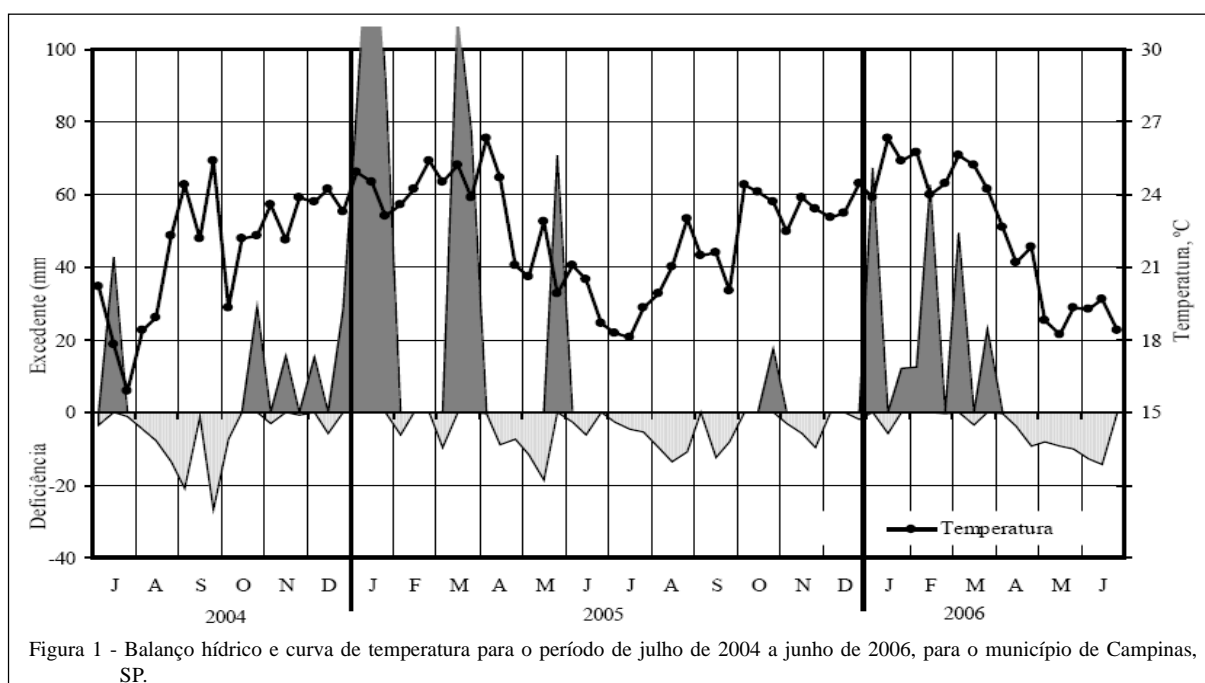
Para a caracterização das condições meteorológicas ocorridas durante o período experimental, é apresentada, para o período entre julho de 2004 e junho de 2006, a curva de temperatura média decendial e o extrato do balanço hídrico, obtido segundo metodologia proposta por THORNTHWAITE & MATHER (1955) e representada graficamente de acordo com CAMARGO & CAMARGO (1993), cujos valores positivos indicam excedentes hídricos e os negativos, deficiência hídrica ou falta de chuva. Os dados decendiais de temperatura e chuva necessários para a construção do balanço hídrico foram fornecidos pelo Centro de Ecofisiologia e Biofísica do IAC.

Os dados das avaliações agrônômicas e fenológicas foram submetidos à análise de componentes principais, técnica estatística multivariada que se baseia na avaliação de agrupamentos para determinar as divergências genéticas (CRUZ, 2006), as quais foram realizadas com o *software* Statistica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2004/2005, houve apenas uma florada significativa, que ocorreu no final de setembro/2004, após chuvas acentuadas, que interromperam por um decêndio, um período de deficiências hídricas e promoveram queda na temperatura média (Figura 1). A deficiência hídrica acentuada no período de repouso das gemas proporciona florada principal bem definida. As cultivares apresentaram, na safra 2004/2005, desenvolvimento semelhante dos frutos até a fase chumbinho (estádio 5) (Figura 2). Na fase de frutos em expansão (estádio 6), a cultivar 'Obatã' apresentou desenvolvimento tardio em relação às demais cultivares, as quais não apresentaram diferença expressiva entre si, o que era de se esperar, pois a cultivar 'Obatã' é conhecidamente de maturação tardia.

No ano agrícola 2005/2006, nos meses de setembro e outubro, as chuvas foram escassas e irregulares. Contudo, o período de deficiência hídrica foi menor e menos intenso do que no ano agrícola 2004/2005 nesse mesmo período (Figura 1). Esse evento proporcionou a ocorrência de diversas floradas, sendo duas delas mais significativas, uma no início de setembro e outra, menos intensa, no início de outubro (Figura 2). Possivelmente, esse comportamento da floração esteja relacionado à ausência de déficit hídrico acentuado no período de repouso. Nessa safra, a cultivar 'Obatã' apresentou atraso no início do ciclo reprodutivo e manteve, até o final, maior intervalo de



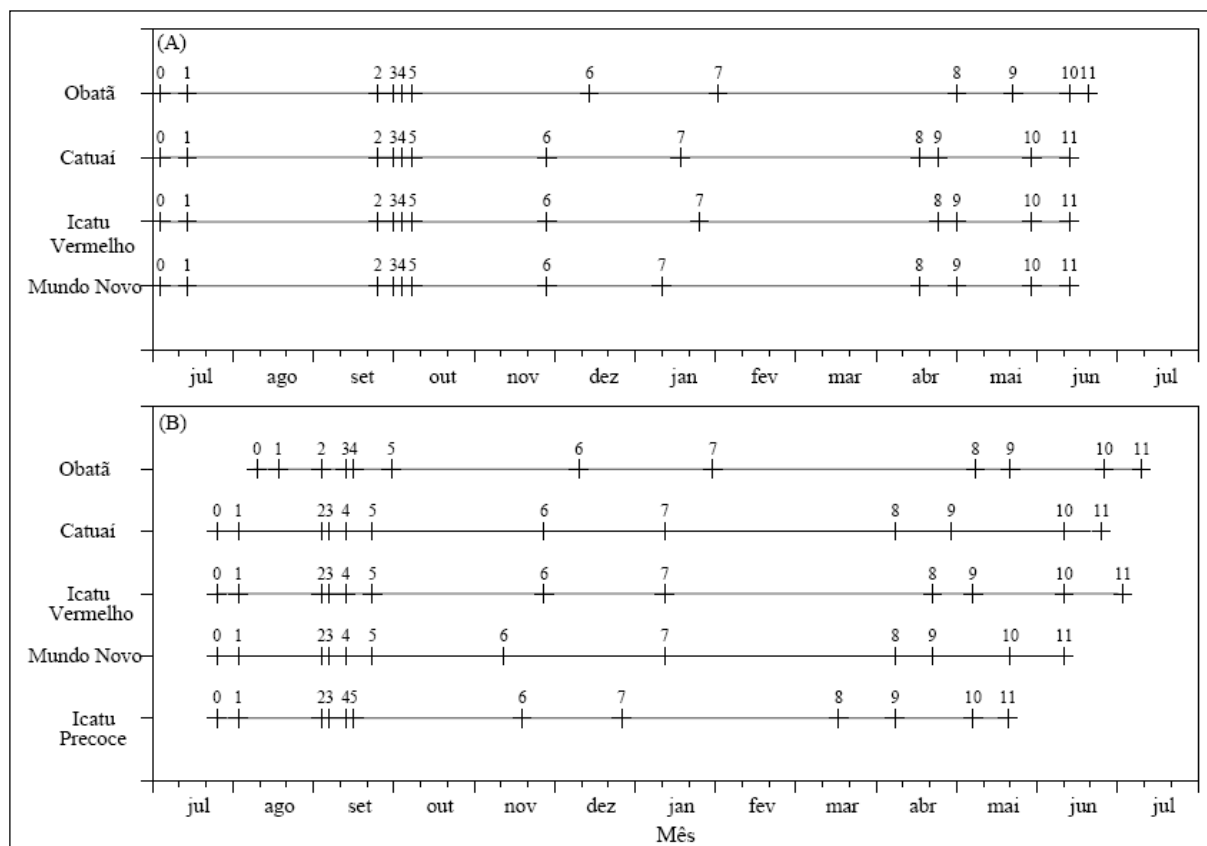


Figura 2 - Épocas de ocorrência de estádios fenológicos de cafeeiro (0-gema dormente; 1-gema entumescida; 2-abotoado; 3-florada; 4-pós-florada; 5-chumbinho; 6-expansão dos frutos; 7-grão verde; 8-verde-cana; 9-cereja; 10-passa; 11-seco) para a florada principal, nos anos agrícolas de 2004/2005 (A) e 2005/2006 (B), para o município de Campinas, SP.

tempo entre os subperíodos em relação às demais cultivares. A cultivar 'Icatu Precoce', no subperíodo chumbinho (estádio 5) até o subperíodo fruto seco (estádio 11), apresentou-se diferente das demais cultivares, antecipando o ciclo fenológico. A cultivar 'Mundo Novo' mostrou-se distinta a partir do subperíodo expansão dos frutos (estádio 6), antecipando o ciclo em relação às cultivares 'Icatu Vermelho' e 'Catuai Vermelho', sendo essas distintas a partir do subperíodo fruto verde cana (estádio 8). Fato semelhante foi observado por PEZZOPANE et al. (2003), no ano agrícola 2001/2002.

Durante a primeira safra estudada (2004/2005), o período que corresponde ao final da maturação apresentou temperatura média, aproximadamente, 4°C acima da média do mesmo período em 2005/2006 (Figura 1). Segundo CAMARGO (1985), a ocorrência de temperaturas elevadas nesse período acelera a maturação dos frutos. Esse fato pode ter prejudicado a classificação das cultivares quanto à duração do ciclo reprodutivo, em que a cultivar 'Obatã' se diferenciou

das demais, com ciclo tardio (243 dias após a florada). As cultivares 'Catuai', 'Icatu Vermelho' e 'Mundo Novo' apresentaram ciclos médios de 229, 233 e 231 dias após a antese, respectivamente (Figura 2).

No ano agrícola 2005/2006, a duração do ciclo de desenvolvimento dos frutos, período compreendido entre a florada (estádio 3) e os frutos cereja (estádio 9), foi de 276 dias para a cultivar 'Obatã', 270 dias para 'Icatu Vermelho', 266 dias para 'Catuai Vermelho' e 255 dias para a cultivar 'Mundo Novo' com. A cultivar 'Icatu Precoce' apresentou a menor duração de ciclo, com 235 dias da floração até fruto cereja, característica desse material genético. Foi observada redução no tempo de duração de cada subperíodo da frutificação da cultivar 'Icatu Precoce' (Figura 2), antecipando 41 dias a sua maturação (9) em relação à cultivar mais tardia (Obatã).

Os dados de duração de ciclo obtidos neste trabalho corroboram os dados informados na descrição das cultivares, fornecidos pelo IAC, sendo muito tardia a cultivar 'Obatã', tardia a 'Icatu Vermelho', média a tardia a cultivar 'Catuai Vermelho', média a 'Mundo

Novo' e precoce a cultivar 'Icatu Precoce'. Esses dados também corroboram os dados obtidos por AGUIAR et al. (2004), em pesquisa realizada sobre descritores para discriminar cultivares de cafeeiro arábica.

Por meio da comparação da duração dos ciclos fenológicos estudados, verifica-se que a cultivar 'Obatã' reduziu o ciclo em 33 dias entre a safra 2004/2005 e 2005/2006. Para as cultivares 'Catuaí' e 'Icatu Vermelho', essa redução foi 37 dias, enquanto para 'Mundo Novo' foi de 24 dias. Esses dados evidenciam o efeito das condições climáticas sobre o desenvolvimento dos frutos do cafeeiro, como constatado por diversos autores (KUMAR, 1979; CAMARGO & CAMARGO, 2001; PEZZOPANE et al, 2007).

Na figura 3, são apresentados os resultados da análise em componentes principais dos atributos fenológicos. Os resultados apresentados pela análise indicam que o fator 1 se caracteriza pela variável duração do ciclo e o fator 2, pela frequência de frutos secos e passa. O efeito do ambiente foi significativo, como indica a separação das cultivares nos anos agrícolas 2004/2005 e 2005/2006. De modo geral, a maior quantidade de frutos no estágio cereja foi observada na safra 2004/2005, enquanto na safra seguinte uma porcentagem maior de frutos verdes e verdes-cana. Essa grande porcentagem de frutos imaturos na

colheita, no ano agrícola 2005/2006, pode ter sido ocasionada pelas várias floradas que ocorreram durante essa safra.

Por meio da análise comparativa das cultivares em componentes principais para atributos fenológicos no ano agrícola 2004/2005, nota-se uma estrutura de subgrupos (Figura 3). A cultivar 'Obatã' se diferenciou das demais ('Catuaí', 'Icatu Vermelho' e 'Mundo Novo') por apresentar menor porcentagem de frutos cereja e maior proporção de frutos verdes e verdes-cana. Esses resultados confirmam a maturação tardia da cultivar 'Obatã' em relação às demais cultivares. Na safra 2005/2006, com base na mesma análise, observa-se que a cultivar 'Icatu Precoce' apresentou maior quantidade de frutos do tipo seco e passa, o que indica a precocidade desse material em relação às demais cultivares. A cultivar 'Mundo Novo' apresentou maturação média, enquanto as demais variaram de média a tardia (Figura 3).

A análise da duração do ciclo (Figura 2) e a análise em componentes principais das variáveis fenológicas (Figura 3) evidenciaram que os dois anos agrícolas estudados apresentaram-se distintos, influenciados pelas diferenças climáticas. Contudo, foi possível a diferenciação das cultivares quanto ao tempo de maturação.

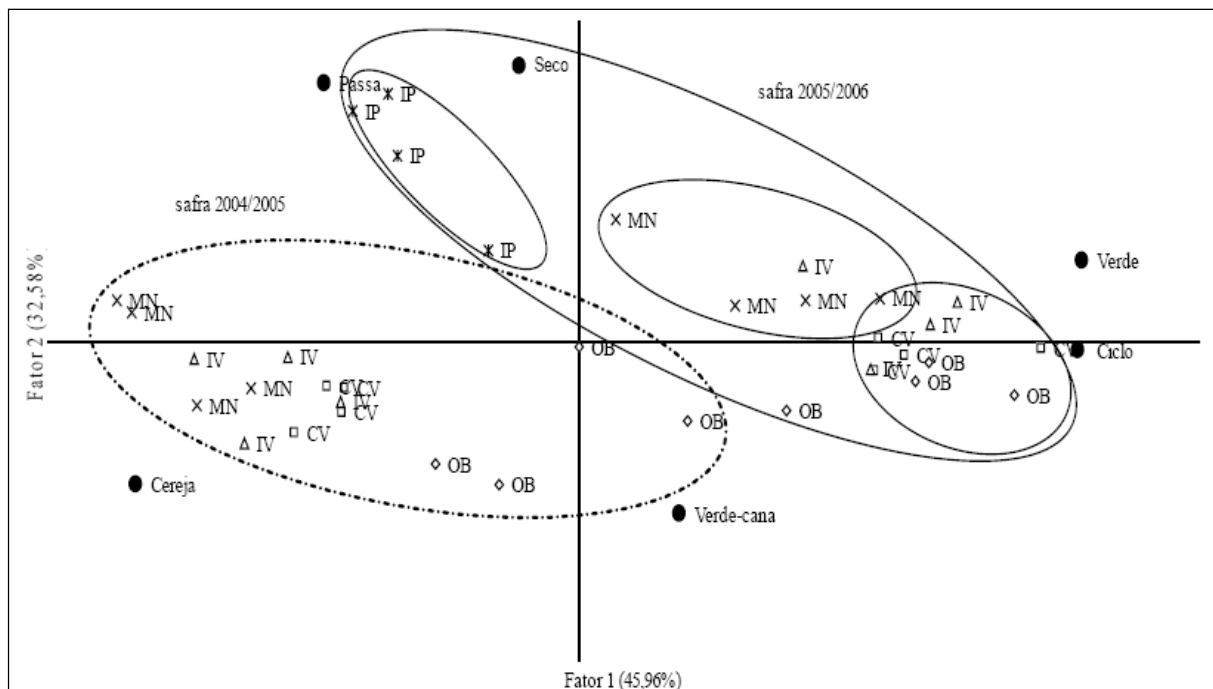


Figura 3 - Análise de componentes principais das variáveis fenológicas associadas às cultivares 'Obatã' (OB), 'Catuaí Vermelho' (CV), 'Icatu Vermelho' (IV), 'Mundo Novo' (MN) e 'Icatu Precoce' (IP) nas safras 2004/2005 e 2005/2006. Representadas no plano 1-2.

As análises em componentes principais das variáveis agrônômicas, como produtividade, rendimento, tipo e tamanho de grãos, são apresentadas na figura 4. Da mesma maneira que ocorreu com as análises fenológicas, os atributos agrônômicos também se apresentaram distintos entre os anos agrícolas (Figura 4).

Na figura 4, o fator 1 evidencia o efeito ambiental, indicando que os anos agrícolas são distintos. Em 2005/2006 obteve-se uma produtividade superior, elevada frequência de grãos tipo chato, grãos de peneira graúda e menor frequência de grãos moca. Na safra 2004/2005 observou-se baixa produtividade, grãos de peneira inferior, menor quantidade de grãos tipo chato e elevada porcentagem de grãos moca. Esses resultados são indicativos da bienalidade de produção do cafeeiro (RENA & MAESTRI, 1987; CAMARGO & CAMARGO, 2001), por serem características altamente relacionadas à variações ambientais e à espécie, em que a produtividade se dá na parte dos ramos que cresceram na estação anterior. Os atributos agrônômicos representados pelo fator 1 (efeito ambiental) não apresentaram diferenças marcantes entre as cultivares.

A grande quantidade de grãos tipo moca na safra 2004/2005 pode ser explicada pela temperatura elevada por ocasião da florada (Figura 2). MENDES et al. (1954) e PEZZOPANE et al. (2007) também verificaram alta porcentagem de grãos moca, associada a fatores ambientais adversos, principalmente altas temperaturas, na florada e no início da frutificação.

O fator 2 (Figura 4) relaciona-se especialmente ao efeito genético, que está bastante correlacionado com a porcentagem de grãos tipo concha, uma característica da cultivar definida geneticamente, cuja herdabilidade é da ordem de 59%, além de ser pouco influenciada pelo ambiente (CARVALHO & KRUG, 1949).

No ano agrícola 2005/2006, as cultivares puderam ser agrupadas em função dessa característica, em que a cultivar 'Catuaí Vermelho' apresentou maior quantidade, enquanto a cultivar 'Icatu Precoce', a menor porcentagem de grãos tipo concha. As demais cultivares apresentaram quantidades intermediárias (Figura 4). Na safra anterior (2004/2005), esse fato não aconteceu, pois não houve diferença para esse atributo entre as cultivares (Figura 4).

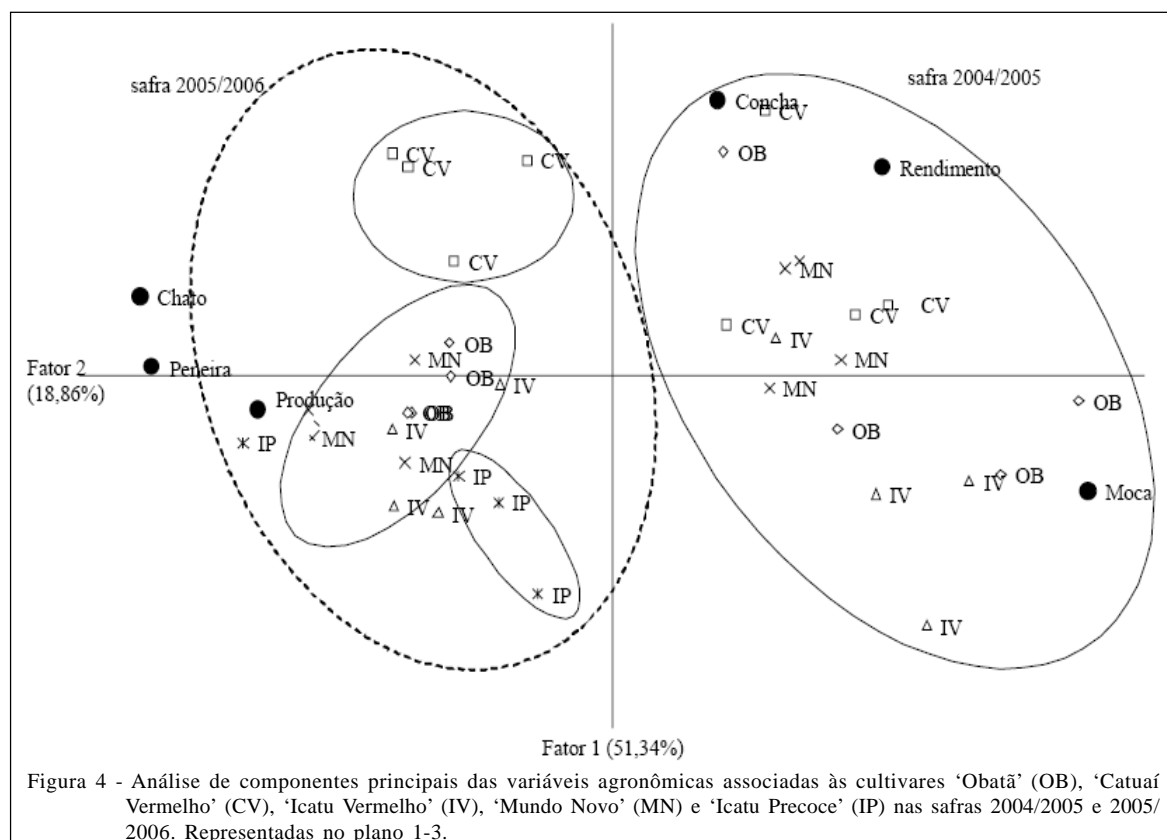


Figura 4 - Análise de componentes principais das variáveis agrônômicas associadas às cultivares 'Obatã' (OB), 'Catuaí Vermelho' (CV), 'Icatu Vermelho' (IV), 'Mundo Novo' (MN) e 'Icatu Precoce' (IP) nas safras 2004/2005 e 2005/2006. Representadas no plano 1-3.

## CONCLUSÕES

Nas condições experimentais desse estudo para as cultivares de café analisadas, a duração do ciclo fenológico varia com o ano agrícola, assim como o desenvolvimento fenológico, a maturação dos frutos na colheita e os atributos agrônômicos. Isso indica que essas características são altamente influenciadas pelo ambiente.

## AGRADECIMENTOS

À Sra. Ivone Botoni Baziolli do Centro de Café "Alcides Carvalho", pela contribuição imprescindível para a realização do experimento.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.T.E. et al. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.179-192, 2004. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052004000200003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052004000200003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Doi: 10.1590/S0006-87052004000200003.
- CAMARGO, A.P. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.13-26, 1985.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.1, p.65-68, 2001. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052001000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052001000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Doi: 10.1590/S0006-87052001000100008.
- CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**, v.52, n.2, p.169-172, 1993. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87051993000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051993000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Doi: 10.1590/S0006-87051993000200009.
- CARVALHO, A.; KRUG, C.A. Agentes de polinização da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bragantia**, Campinas, v.9, p.11-24, 1949.
- CASTRO, P.R.C. et al. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650p.
- CRUZ, C.D. **Programa genes: análise multivariada e simulação**. Viçosa: UFV. 2006. 175p.
- DE CASTRO, R.; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campinas, v.18, p.175-199, 2006.
- FAZUOLI, L.C. **Metodologias, critérios e resultados da seleção em progênies do café Icatu com resistência a *Hemileia vastatrix***. 1991. 322f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.44, n.519, p.9-47, 1979.
- MENDES, A.J.T. et al. Citologia da ocorrência de frutos sem sementes no café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v.13, p.257-279, 1954.
- PEZZOPANE, J.R.M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.499-505, 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052003000300015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052003000300015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Doi: 10.1590/S0006-87052003000300015.
- PEZZOPANE, J.R.M. et al. Avaliações fenológicas e agrônômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana prata anã. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.527-533, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052007000400021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000400021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Doi: 10.1590/S0006-87052007000400021.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: CASTRO, P.R.C. et al. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 249p.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. (Publications in Climatology).