

## BIOLOGIA DA REPRODUÇÃO DE *Coffea arábica*. L. e *Coffea canephora* Pierre

Benjamim de Melo

Professor Associado, curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. E-mail benjamim@umarama.ufu.br

Larissa Barbosa de Sousa

Engenheira Agrônoma, Mestranda em Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia . E-mail larissaufpi@ig.com.br

**Resumo:** O sucesso da cafeicultura deve-se, em parte, ao trabalho de melhoramento genético dessa cultura. No caso da cafeicultura brasileira, as cultivares atualmente cultivadas comercialmente produzem cerca de quatro vezes mais do que a primeira cultivar introduzida no país. E para se realizar o melhoramento, a primeira etapa é conhecer os mecanismos que estão envolvidos nesse processo. Daí a importância de se estudar a biologia floral, para um maior entendimento dos processos de reprodução e a partir de então traçar os objetivos a serem alcançados com o melhoramento da cultura.

**Palavras-chave:** Melhoramento, *Coffea*, botânica, rendimento.

## BIOLOGY OF REPRODUCTION *Coffea arábica*. L. e *Coffea canephora* Pierre

**Resumo:** The success of coffee production is due in part to the work of genetic improvement of this crop. In the case of the Brazilian coffee crop, the cultivars currently grown commercially produce about four times more than the first cultivar introduced in the country. And to complete the upgrade, the first step is to know the mechanisms that are involved in this process. Hence the importance of studying the floral biology, to a greater understanding of the processes of reproduction and from then outline the objectives to be achieved through crop breeding.

**Keywords:** Improvement, *Coffea*, botany, income.

## INTRODUÇÃO

O cafeeiro pertence ao Reino: *Plantae*, Divisão: *Magnoliophyta*, Classe: *Magnoliopsida*, Ordem: *Gentianales*, Família: *Rubiaceae* e Gênero: *Coffea*. A família *Rubiaceae* abrange mais de 10 mil espécies agrupadas em 630 gêneros. De acordo com a classificação de Bridson & Verdcourt (1988), os cafeeiros foram reunidos em dois gêneros: o *Psilanthus* Hook e *Coffea* L., os quais diferem, basicamente, por particularidades apresentadas nas estruturas florais.

O gênero *Coffea* se divide em quatro seções: *Eucoffea* que apresenta 24 espécies, *Marcarocoffea* com 18 espécies, *Argocoffea* com 11 espécies e *Paracoffea* com 13 espécies. Entre essas seções a de maior importância econômica é a *Eucoffea*, pois abrange as espécies mais cultivadas para o consumo do café, que por sua vez se divide ainda em subseções, dentre as quais a *Erythrocoffea* que apresenta as espécies *Coffea arábica* L. e *Coffea canephora* Pierre, respondendo, respectivamente,

por 70% e 30% do café comercializado no mundo sendo portanto as de maior importância econômica dentro das inúmeras espécies existentes (BRIDSON & VERDCOURT, 1988).

Desde que surgiu no Brasil, no século XVIII, o café já se expandiu do Sudeste para todas as outras regiões. Por esse motivo, a diversidade é uma das características da cafeicultura brasileira. Do Sul à Amazônia, o café está presente em planaltos e regiões montanhosas, em cultivos adensados ou convencionais e tem auxílio da irrigação para suportar o clima seco e é cultivado em pequenas, médias e grandes propriedades. O país produz os mais variados tipos de grãos e obtém todas as qualidades de bebida. Ao contrário do que ocorre em outros países produtores, que, pela própria extensão, têm menor área cultivada (COFFEEBREAK, 2008).

Nesta revisão serão abordados assuntos que estão intimamente ligados ao melhoramento, sendo de grande importância para o entendimento do processo de reprodução. São eles: Biologia floral, Biologia da

reprodução das espécies de café mais cultivadas hoje: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, além de alguns objetivos do melhoramento do cafeeiro.

## **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO CAFEIEIRO**

O cafeeiro é um arbusto, de crescimento contínuo, com dimorfismo de ramos (RENA & MAESTRI, 1986), que atinge 2 a 4 m de altura, conforme a espécie e as condições climáticas da região, as folhas são pareadas e opostas, ovais, de cor verde escura. As flores são brancas, aromáticas, reunidas em número de 2 a 6, formando glomérulos situados na axila das folhas e geralmente abrem-se nas primeiras horas da manhã e permanecem abertas durante todo o dia. O cafeeiro possui caule cilíndrico, lenho duro, branco amarelado e dois tipos principais de ramos: ortotrópico (do grego orthós: reto, normal) e plagiotrópico (do grego plágios: oblíquo, transversal), que vão se diferenciar nas diferentes espécies. Na espécie *C. canephora*, por exemplo, a planta apresenta vários caules ou multicaule, que necessita de podas para manter a estrutura adequada da planta para a obtenção de maiores produtividade e facilidade para realização dos tratamentos fitossanitários (RENA & GUIMARÃES, 2000).

Em relação às flores, as espécies de *Coffea* possuem flores hermafroditas com estames aderentes ao tubo da corola, à altura dos lobos estigmáticos. As flores do cafeeiro possuem pedicelo curto, estão agrupadas em glomérulos axilares e varia de duas a vinte flores por axila foliar do ramo plagiotrópico (MENDES et al, 1996). O ovário é ínfero, bilocular (duas lojas) e, raramente, trilocular, com um óvulo ou oosfera (n, cromossomos) em cada loja, o que originará mais tarde uma semente. Os estames são em número de cinco e de filamento curto com anteras mais comprimidas; os grãos de pólen são muito pequenos.

A inflorescência, em princípio, é uma continuidade do ramo vegetativo, em que as brácteas aparecem como órgãos homólogos das folhas. De cada gema seriada dos ramos plagiotrópicos surge um eixo curto que termina numa flor, no qual há outros nós, onde estão inseridas outras brácteas opostas e cruzadas contendo em suas axilas as gemas seriadas. Essas gemas podem originar novos eixos curtos que também terminam em flor e contêm outros nós (RENA & MAESTRI, 1985). Isto explica porque em cada nó é possível encontrar-se um grande número de frutos, superior à quantidade de gemas nas axilas das folhas do ramo plagiotrópico (5 a 6 de cada lado).

O cafeeiro possui fruto simples, derivado de um ovário, classificado como drupa, carnoso e contém um caroço. Morfologicamente o fruto possui um pedúnculo curto, oval e elíptico, com superfície lisa e brilhante, sendo verde quando imaturo, podendo evoluir para vermelho ou amarelo após a maturação, o que vai variar com a espécie (CARVALHO & MÔNACO, 1965).

O fruto do cafeeiro possui uma parede (pericarpo) formada por três camadas de células: o epicarpo, mesocarpo e o endocarpo. O pericarpo tem uma parte externa delgada (exocarpo ou epicarpo), que é a casca propriamente dita. O mesocarpo é carnoso, rico em mucilagem (pectinas e açúcares), ocorrendo mais em frutos de café arábica (*Coffea arabica*), é também uma fonte de energia para microrganismos, que se fermentar pode deteriorar a bebida. Esse fato, entretanto, depende do gênero do microrganismo infectante (FAVARIN et al., 2004), da infecção alcançar o endosperma ou que a fermentação produza substâncias de baixo peso molecular, que venham a penetrar no endosperma. O endocarpo ou pergaminho apresenta-se fibroso e lignificado no final da sua formação, em particular, na fase de expansão, durante o crescimento do fruto.

As sementes são oblongas, plano-convexa no caso se os dois óvulos, um em cada loja do ovário, for fertilizado. Se apenas um óvulo é fertilizado a semente ocupará todo volume do fruto, formando as sementes tipo moca (arredondada). O endosperma da semente de café é córneo (duro), esverdeado no café arábica e mais claro no robusta, encoberto por um envoltório delicado, a película prateada. O tegumento ou perisperma (película prateada) corresponde aos vestígios do tegumento do óvulo, facilmente observado durante o beneficiamento, pois desliga do endosperma e espalha pelo ambiente, formando uma fina camada de pó (CARVALHO & MÔNACO, 1965).

O embrião é muito pequeno (2 mm), localizado na base do endosperma, e é constituído por duas folhas cotiledonares cordiformes justapostas, ligadas por um hixo hipocotiledonar curto à radícula (CARVALHO & MÔNACO, 1965).

## **BIOLOGIA FLORAL**

Em relação à biologia floral, cada espécie apresenta suas particularidades. E entre as espécies de maior importância econômica, a espécie *C. arabica* L. apresenta as seguintes características: é autofértil, portanto autocompatível, reproduzindo-se predominantemente por autofecundação, com uma taxa de alogamia de aproximadamente 10%, em média (FAZUOLI et al.; 1991). Trabalhos realizados no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) concluíram que são os insetos (abelhas principalmente), o vento e a própria gravidade, os principais agentes da polinização do cafeeiro. Em outros estudos posteriores demonstrou-se que a taxa de cruzamento natural pode ser bem mais variável, em função da cultivar envolvida.

Fazuoli et al. (1991) observaram uma variação de 1,7 a 33,9% na taxa de cruzamento natural em germoplasma de Icatu, presumivelmente em razão da autoincompatibilidade apresentada pela espécie *C. canephora* Pierre, um dos ancestrais desse material.

O cafeeiro começa a florescer no segundo ano após o plantio no campo. E esse florescimento se inicia

após as chamadas chuvas de florada, antecipadas por longos períodos de deficiência hídrica. Ele apresenta floração gregária, ou seja, todas as plantas em uma dada extensão geográfica florescem simultaneamente, em função das mudanças climáticas ocorridas (MENDES et al. 2009).

A abertura da flor se dá geralmente no período da manhã, entre 7 e 11 horas. Temperaturas muito elevadas nessa fase provocam o abortamento dos botões florais, sendo mais favoráveis as temperaturas entre 17 e 23° C. Há ainda a luminosidade para que ocorra a abertura das flores, em dias nublados ou chuvosos a abertura das flores é muito prejudicada, e mesmo que ocorra, há a liberação do grão de pólen no botão fechado, o que aumenta a taxa de autofecundação no caso de *Coffea arabica* (MENDES et al. 2009).

### **BIOLOGIA DA REPRODUÇÃO DO CAFEIEIRO**

A fase reprodutiva é marcada pela capacidade da planta em produzir flores e é resultante de mudanças que ocorrem no meristema das gemas (LARCHER, 2000). No cafeeiro, o desenvolvimento reprodutivo começa com a iniciação floral e termina com a queda dos frutos. Camargo & Camargo (2001) subdividiram o ciclo fenológico completo do cafeeiro em seis fases: 1) vegetação e gemas foliares; 2) indução e maturação das gemas florais; 3) florada; 4) granação dos frutos; 5) maturação dos frutos; 6) repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários. Pezzopane et al. (2003) descreveram uma escala das fases fenológicas reprodutivas do cafeeiro com base em números: 0 (gema dormente); 1 (gema intumescida); 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). A análise histológica é o melhor método para avaliar com precisão a transição das fenofases (MOENS, 1963; BARROS et al., 1978), porém é de difícil utilização prática.

O processo de floração nas plantas compreende uma seqüência de eventos morfofisiológicos que vão desde a indução floral até a antese, passando por fases intermediárias. Três eventos ocorrem durante a transição da gema vegetativa para a reprodutiva; indução, evocação e iniciação, que envolvem interações entre sinais internos e externos (KRAJEWSKI & RABE, 1995). Nesta fase, observa-se um aumento da atividade mitótica entre a zona central e o "pith-rib" (zona abaixo, caracterizada por uma camada de células aplainadas e vacuolizadas), dando origem a células pequenas (BERNIER, 1988).

A indução floral é definida como um evento que ativa processos que permitem que a planta esteja apta para o florescimento, por meio da transcrição e da expressão de genes, que ocorrem antes da iniciação. Bernier et al. (1981) e Krajewski & Rabe (1995) referem-se à indução como uma condição fisiológica iniciada nos tecidos, em resposta às características do ambiente, sobretudo ao fotoperíodo.

A evocação é descrita como processos biológicos e bioquímicos essenciais para a formação de primórdio floral, que acontecem no ápice. Na fase de iniciação, a gema "evocada" fica reconhecível como uma gema floral. Isto é evidente com a observação do alargamento e aplainamento do ponto crescente com lóbulos em desenvolvimento (KRAJEWSKI & RABE, 1995).

Pouco se sabe sobre a indução e o processo de desenvolvimento de gemas reprodutivas em muitas espécies, pois a maioria das informações disponíveis abrange as fases mais avançadas de desenvolvimento das gemas florais. Além disso, grande parte dos experimentos com cafeeiros raramente são desenvolvidos em condições ambientais controladas (MAJEROWICZ & SONDAHL, 2005).

O processo de florescimento do cafeeiro é um fenômeno complexo, pois as gemas florais, após atingirem um tamanho definido, entram em repouso para posteriormente iniciar a antese (GOUVEIA, 1984). Esse processo é dividido em três fases: iniciação ou diferenciação floral, repouso ou quiescência e abertura floral (CAMARGO & CAMARGO, 2001; PEZZOPANE et al., 2003). Cada fase é afetada por vários fatores, sendo difícil isolar o efeito de um fator específico, pois um mesmo fator pode afetar mais de uma fase, o que limita, portanto, a condução de experimentos que visam à compreensão das relações entre esses fatores e o florescimento (KUMAR, 1979).

Os resultados de algumas pesquisas relacionadas à transição de gemas vegetativas para reprodutivas são ainda divergentes. Segundo Gouveia (1984), em janeiro, quando o fotoperíodo diminui, as gemas vegetativas axilares sob ação do fotoperíodo são induzidas em gemas reprodutivas. No entanto, no esquema de fases fenológicas, propostas por Camargo & Camargo (2001), é indicado que a indução das gemas vegetativas para gemas reprodutivas ocorre a partir de abril, ou seja, sob dias curtos. MAJEROWICZ & SONDAHL (2005) relatam que existem respostas diferentes para ramos de primeira e segunda produção e que, para determinadas regiões, como por exemplo, Campinas-SP, em ramos de primeira produção, a indução de gemas florais ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro, enquanto que a diferenciação das gemas florais só foi observada a partir dos meses de março e abril.

A florada, em cafeeiros, é resultante do comportamento fenológico da cultura, bem como da interação de fatores ambientais, tais como suprimento de água (MOENS, 1962; CANNEL, 1972; RENA & MAESTRI, 1985; CAMARGO & CAMARGO, 2001; SOARES et al., 2005), radiação solar (MOENS, 1962), fotoperíodo (CANNEL, 1972) e temperaturas (CANNEL, 1972; BROWING, 1977; IAFFE et al., 2003; BARROS & MAESTRI, 1978). Há evidências de que baixas temperaturas e ou períodos de seca, durante o período de dormência das gemas florais, seja necessário para completar eventos fisiológicos e ou morfológicos, tornando assim as gemas florais prontas a responderem a

estímulos externos (BARROS & MAESTRI, 1978; RENA et al., 1994 ; SOARES et al., 2005).

Segundo Morais et al. (2008), o desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro foi dividido em quatro grandes fases: desenvolvimento da gema floral (G), floração (FL), frutificação (F) e maturação (M), a exemplo de método adotado por Marur & Ruano (2001) para a determinação dos estádios de desenvolvimento do algodoeiro. A fase G foi subdividida tendo como variável o tamanho das gemas; a fase F foi subdividida de acordo com o tamanho dos frutos e para a fase M o critério adotado foi coloração dos frutos. Cada fase do desenvolvimento é acompanhada por alterações morfológicas, anatômicas e bioquímicas, sendo sua duração variável e decorrente de fatores ambientais (chuva, temperatura e fotoperíodo) e atributos endógenos (genótipo, crescimento vegetativo, potencial produtivo, estado nutricional e reguladores de crescimento).

A caracterização das subfases foi feita da seguinte maneira: G1 - refere-se aos nós com gemas indiferenciadas; G2 - nós com gemas intumescidas; G3 - gemas com até 3 mm de comprimento; G4 - gemas medindo 3,1 a 6 mm de comprimento; G5 - gemas de 6,1 a 10 mm (coloração verde claro); G6 - gema maior que 10 mm (coloração branca). Após o G6, normalmente ocorre à abertura das flores nas primeiras horas da manhã, começam a murchar no segundo dia e caem no terceiro (MORAIS et al., 2008).

O crescimento e o desenvolvimento dos frutos seguem o padrão de uma curva sigmoideal dupla (WORMER & NJUNGUNA, 1966; CANNELL, 1971; GÓMEZ, 1977). As subfases foram descritas de acordo com o tamanho dos frutos: F1 - até 3 mm de comprimento; F2 - 3,1 a 4 mm; F3 - 4,1 a 5 mm; F4 - 5, 1 a 10 mm; F5 - 10 a 15 mm; F6 - maior que 15 mm.

Na fase de maturação (M), ocorrem vários processos metabólicos e modificações na composição química, que permitem os frutos alcançarem seu ponto ideal de colheita, o qual se confirma por troca de coloração de verde a vermelho ou amarelo, dependendo da cultivar (MORAIS et al., 2008).

A descrição das subfases da maturação, no trabalho, se iniciou quando foram identificados nas observações semanais frutos de coloração diferente do verde. Assim designou-se M1 para frutos de coloração verde, ou seja, sem evidências de alteração na cor; M2 para frutos de coloração verde-cana, os quais já iniciaram a maturação; M3 para frutos em estágio "cereja", de coloração vermelho-claro e maduros fisiologicamente; M4 para frutos no estágio "passa", de coloração vermelho-escuro e com início de desidratação; M5 para frutos secos, desidratados com coloração externa escura (MORAIS et al., 2008).

Desde que haja a abertura da flor, há queda de pólen e isto se verifica durante todo o dia. A receptividade do estigma se dá por ocasião da abertura da flor, como o fenômeno de Cleistogamia (abertura do pólen antes da antese) não é perfeito em *C. arabica*. O estigma é bífido e

quando receptivo, mostra-se aberto. Por ocasião da deiscência da antera, a germinação do pólen é de 83% em *C. arabica* e 52,2% em *C. canephora*.

Quando se deseja a germinação artificial do pólen, para a realização de cruzamentos entre materiais em que não há coincidência do florescimento, usa-se um meio de cultura contendo 5% de Agar e 10 a 15% de sacarose; e os grãos de pólen são colocados sobre uma cápsula ou lâmina, dentro de 30 minutos estarão germinando (MENDES & GUIMARÃES, 1996).

Diferentemente das demais espécies do gênero, *Coffea arabica* L. é uma espécie autógama e alotetraplóide segmental (tetraplóide originado da hibridação de duas espécies diplóides diferentes, com homologia parcial de seus cromossomos), apresentando 44 cromossomos ( $2n = 44$ ) (KRUG, 1938). As variedades comerciais de café arábica apresentam pequena variabilidade genética, confirmada pelos estudos com marcadores de DNA.

É uma espécie tropical de floração gregária mais evidente, como já foi mencionado, todas as plantas, numa certa extensão geográfica, florescem simultaneamente, com surtos de floradas variáveis, desde poucos, nas regiões cafeeiras de latitudes médias, com época seca bem definida (Brasil), até vários ao longo do ano, em regiões equatoriais chuvosas (Colômbia) (GUIMARÃES & MENDES, 1996). Assim, há um grande interesse em desenvolver estudos que possam contribuir para uma floração mais uniforme a partir da compreensão da interação de fatores que afetam essa fase de desenvolvimento da planta. Essa uniformidade tem implicações diretas na uniformidade de maturação dos frutos de café, a qual, por sua vez, terá grande influência na qualidade final do produto.

A espécie *Coffea arabica* L. não manifesta efeito desfavorável das autofecundações sucessivas sobre o vigor e a produtividade das plantas. Por essa razão, os materiais comerciais de *C. arabica*, são geralmente linhagens ou progênies autofecundadas em gerações mais avançadas, muito uniformes quanto à expressão dos caracteres agrônômicos, gerando lavouras onde o padrão de uniformidade é muito elevado (ANTUNES, 1962).

Quanto à ocorrência de heterose, os resultados encontrados na literatura são muito contraditórios, necessitando ainda de mais estudos. Fato é que, para a maioria dos caracteres de interesse, o fenótipo favorável parece ser controlado pelo alelo dominante (como o porte baixo, a resistência à ferrugem e a outras doenças e pragas), o que pela complementação genotípica de alelos favoráveis no cruzamento entre linhagens contrastantes, o híbrido é obviamente superior aos parentais, o que é considerada uma das formas de manifestação da heterose. Essa observação é particularmente importante quando o interesse é utilizar plantas F1 em escala comercial, o que somente seria possível através da propagação vegetativa "in vivo" ou "in vitro", o que vem sendo exaustivamente tentado pela pesquisa cafeeira. Em *C. arabica*, ocorrem plantas macho-estéreis numa frequência muito baixa, o

que pode tornar-se interessante no futuro para a produção de sementes híbridas (ANTUNES, 1962).

Esta espécie é bastante aparentada e em grande maioria, deriva-se das cultivares Típica, originalmente introduzida no Brasil em 1727 e Bourbon Vermelho, oriunda da ilha de mesmo nome (ANTHONY et al., 2001). Embora a base genética da espécie seja bastante estreita (BERTHAUD & CHARRIER, 1988), as cultivares comercializadas apresentam grande variabilidade botânica oriunda de uma série de mutações e de cruzamentos naturais e artificiais realizados (KRUG et al., 1938).

### **Biologia da reprodução de *Coffea canephora* Pierre**

A espécie *C. canephora* Pierre é diplóide, com  $2n=22$  cromossomos (CARVALHO et al., 1991) e se multiplica por fecundação cruzada, principalmente pela ação do vento e insetos. Apresenta auto-incompatibilidade gametofítica, controlada por um único gene, com vários alelos (Série alélica S: S1, S2, S3, etc.) que inibe o crescimento do tubo polínico e impede a fecundação da oosfera e formação do embrião, sendo até considerada por alguns autores como auto-estéril. Por exemplo, um grão de pólen portador de um determinado alelo S é incapaz de se desenvolver no estigma e fertilizar qualquer oosfera portadora do mesmo alelo (por exemplo, plantas S1S2, S1S3, etc.), pela formação de um dímero de glocoproteína, principal causa desse “aborto” (CONAGIN & MENDES, 1961).

Esse mecanismo é altamente eficiente no controle de cruzamentos entre planta, impedindo a ocorrência de autofecundação e de cruzamentos entre indivíduos aparentados, portadores dos mesmos alelos de incompatibilidade. E este é um mecanismo presente em milhares de espécies vegetais (CARVALHO et al., 1991).

Essa característica de autoincompatibilidade faz com que as populações de *Coffea canephora*, inclusive cultivares, sejam extremamente desuniformes quando obtidas por sementes, em função da elevada heterozigose apresentada pelas plantas individuais, gerando ampla segregação na descendência, logo em muitas plantas se verifica a presença de frutos em diferentes graus de maturação. Logo nessa espécie a propagação vegetativa de plantas selecionadas é de grande interesse, como forma de uniformizar as lavouras, para a obtenção de “cultivares clonais”. O único cuidado é plantar numa mesma área mais de um clone, compatíveis entre si, para que haja produção de sementes (grãos) (CARVALHO et al., 1991).

Em razão da fecundação cruzada há grande variabilidade genética, por isso não se recomenda utilizar sementes de uma única planta matriz, ainda que tenha características desejáveis. As sementes de várias matrizes devem ser misturadas para evitar que o pólen produzido pela futura planta origine de uma única matriz (incompatibilidade) (CARVALHO et al., 1991).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No início do melhoramento de plantas, quando se pensava em melhorar um material, o ponto principal era o aumento do rendimento. Hoje além do incremento da produtividade, o melhoramento tem objetivado desenvolver cultivares de elevado potencial produtivo, boa qualidade de bebida, adaptada a diferentes ambientes e com boa estabilidade, resistente a pragas e doenças, etc. Logo nenhum melhoramento é possível no cafeeiro sem o conhecimento de aspectos da sua biologia floral e reprodutiva.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; QUIROS, O.; WILCHES, A.; LASHERMES, P.; BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**, Dordrecht, v.118, n.1, p.53-65, 2001.

ANTUNES, C.S.N. Melhoramento do cafeeiro: produtividade de progênies e híbridos de café. **Bragantia**, Campinas-SP, v.21, n.33, p.591-615, 1962.

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

BERNIER, G. The control of floral evocation and morphogenesis. **Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.39, p.175-219, 1988.

BERNIER, G.; KINET, J.M.; SACHS, R.M. **The physiology of flowering**. Boca Raton: CRC, v.1-3, 1981.  
BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic resources of *Coffea*. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Eds.) **Coffee**. London: Elsevier Applied Science, v. 4, p.1-42, 1988.

BRIDSON, D.M.; VERDCOURT, B. Flora of tropical East Africa: Rubiaceae. (Part 2). **Cape Town: Iziko Museums of Cape Town**, 1988. p.415-747

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

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.1, p.65-68, 2001.

- CANNELL, M.G.R. Photoperiodic response of mature trees of Arabica coffee. **Turrialba**, v.22, p.198-206, 1972.
- CANNELL, M.G.R. Effect of the presence of fruits on net photosynthesis. **Annual Report Coffee Research Station**, Ruiru, p.41-42, 1971.
- CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M. M. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.14, n.1, p.135-183, 1991.
- CARVALHO, A.; MONACO, L.C. Natural cross pollination in Coffea arabica. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 26., **Brussels**. Proceedings. Toronto: International Horticultural Society, v.4, p.447-449, 1965.
- CONAGIN, C.H.T.M.; MENDES, A.J.T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de Coffea. Auto-incompatibilidade em Coffea canephora. **Bragantia**, Campinas, v.20, p.787-804, 1961.
- DEDDECA, D.M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de Coffea arabica L. var. typica Cramer. **Bragantia**, 16:315-366, 1957.
- FAVARIN, J. L.; VILLELA, A. L. G.; MORAES, M. H. D.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetido a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 187-192, fev, 2004.
- FAZUOLI, L. C. Metodologia, critérios e resultados da seleção em progênies do café Icatu com resistência a Hemileia vastatrix. **Tese** (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, 322p, 1991.
- GÓMEZ G.L. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. **Cenicafé**, Chinchina, v.28, n.1, p.3-17, 1977.
- GOUVEIA, N.M. Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de Coffea arabica L.: observações sobre a antese e maturação dos frutos, **Dissertação** (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1984.
- IAFFE, A. et al. Temperaturas elevadas no florescimento de cafeeiros - III. primeira e última data de ocorrência de períodos com 4 dias seguidos com temperaturas máximas superiores à 34° C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS, p.491-492, 2003.
- KRAJEWSKI, A.J.; RABE, E. Citrus flowering: A critical evaluation. **Journal of Horticultural Science**, v.70, n.3, p.357-374, 1995.
- KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T.; CARVALHO, A. **Taxonomia de Coffea arabica L**: Descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, Boletim Técnico, 62, 57p, 1938.
- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of Coffea arabica L. **A review**. Kenia Coffee, Nairobi, v.44, p.9-47, 1979.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000.
- MAJEROWICZ, N.; SÖNDAHL M.R. Induction and differentiation of reproductive buds in Coffea Arabica L. Braz. **Journal Plant. Physiol.**, v.17, n.2, p.247-254, 2005.
- MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.5, n.2, p.313-317, 2001.
- MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G.; MELLES, C. C. A.; BARTHOLO, G. F. Estudo do espaçamento entre e dentro de fileiras para as cultivares Catuaí e Mundo Novo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, p. 300-301, 1996.
- MENDES, A.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Disponível em: <[http://www.agroecologia.pro.br/arquivos/aulas/fitoII/cafes/artigos/texto\\_academico\\_cafeicultura\\_ufla.pdf](http://www.agroecologia.pro.br/arquivos/aulas/fitoII/cafes/artigos/texto_academico_cafeicultura_ufla.pdf)>. Acesso em: agosto de 2009.
- MOENS, P. Les bougeons végétatifs et génératifs de Coffea canephora Pierre. **La Cellule**, Louvain, v.63, n.2, p.165-244, 1963.
- MOENS, P. Étude écologique du développement génératif et végétatif des bourgeons de Coffea canephora Pierre: l'initiation florale. Inst. Nat. Étude Agron. Congo (INEAC), **Sér. Scientifique**, v.96, 1962.
- MORAIS, H.; CARAMORI, P.H.; COGUISHI, M.S.; RIBEIRO, A.M.A.; Escala Fenológica detalhada da Fase Reprodutiva de Coffea arábica. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.257-260, 2008.
- PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.499-505, 2003.
- RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 80p, 2000.

*Artigo Científico*

RENA, A. B.; BARROS, R.S.; MAESTRI, M. & SÖNDAHL, M.R. Coffee. In: SCHAFFER, B. & ANDERSEN, P.C. (Eds.) Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical and tropical crops. **Boca Raton**, CRC Press, v. II, p.101-122, 1994.

RENA, A.B. ; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, 1, Poços de Caldas, 1986. **Anais**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.13-85, 1986.

WORMER, T.M.; NJUNGUNA, S.G. Bean size and shape as quality factors in Kenya Coffee. **Kenya Coffee**, Nairobi, n.31, p.397-405, 1966.

SOARES, A.S. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.27, n.1, p.117-125, Jan./Mar. 2005.

Recebido em 20 01 2011

Aceito em 10 06 2011