

## Capítulo 5

---

# Melhoramento de *Coffea canephora* – considerações e metodologias

*Rodrigo Barros Rocha*  
*Alexsandro Lara Teixeira*  
*André Rostand Ramalho*  
*Flávio de França Souza*



## Introdução

O longo ciclo de vida característico das espécies vegetais perenes faz com que o seu melhoramento seja diferente, em vários aspectos, do melhoramento de espécies anuais de ciclo curto. Em geral, o melhoramento de plantas perenes está associado a um maior dispêndio de recursos necessários para realizar avaliações ao longo do tempo. Nestes casos, a utilização de estratégias e métodos de melhoramento impacta na redução de custos e pode ser determinante para o sucesso do programa de melhoramento.

Novos métodos para predição de valores genéticos contribuíram significativamente para um aumento na eficiência de seleção de espécies perenes, incluindo o *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Na década de 1940, nos primórdios da cafeicultura brasileira, existem relatos da avaliação de linhagens de café arábica por períodos superiores há dez anos. Na atualidade, programas de melhoramento de *C. canephora* se caracterizam pela busca por novos métodos e estratégias que permitam avaliar em menos tempo maior número de materiais, subsidiando um aumento da capacidade de manipulação da variabilidade genética.

Além do longo ciclo reprodutivo, a sobreposição de gerações, a expressão das características ao longo do tempo, o vigor que se manifesta nas plantas provenientes de cruzamentos divergentes também tem grandes implicações no melhoramento desta espécie. A expressão diferencial das características ao longo do tempo faz com que medidas repetidas sejam necessárias para o desenvolvimento de uma nova variedade, buscando materiais que associem desempenho superior à estabilidade produtiva. A sobreposição de gerações faz com que indivíduos de diferentes gerações, muitas vezes avaliados em diferentes condições ambientais, tenham que ser comparados. E a heterose, que se manifesta no desempenho superior dos indivíduos provenientes de cruzamentos geneticamente divergentes, faz com que a unidade de seleção do indivíduo seja tão, ou mais relevante que a unidade de seleção de famílias ou progênies.

Estas características reunidas fazem do melhoramento de *C. canephora* uma questão complexa, que deve considerar a recombinação de indivíduos divergentes e a obtenção de ganhos ao longo do tempo. Métodos de seleção recorrente recíproca têm sido utilizados no desenvolvimento de novas variedades de café em todo o mundo. O principal objetivo da seleção recorrente é aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para características de interesse por meios de ciclos repetidos de seleção, mantendo a variabilidade genética da população de melhoramento. Nesta estratégia os genótipos de desempenho superior selecionados, portadores de maior frequência de alelos favoráveis, também são considerados como potenciais matrizes para hibridação.

Uma vez que a caracterização do indivíduo permite acessar apenas a sua variância genotípica, testes de progênies são fundamentais para utilizar a variância genética aditiva e a variância causada pelos efeitos de dominância. Tendo em vista que o indivíduo não repassa a seus descendentes o seu genótipo e sim seus alelos, a caracterização da fração herdável da variância genotípica permite discriminar as hibridações que devem ser repetidas, daquelas que devem ser evitadas. Neste contexto o valor genético de uma matriz é estimado a partir do comportamento médio de sua descendência. Em função do grande número de genitores potenciais, a capacidade específica de combinação é testada pela utilização de dialelos parciais ou desconexos, visando otimizar o número de cruzamentos a serem avaliados.



A caracterização da variância causada pelos efeitos de dominância permite o aproveitamento da heterose no programa de melhoramento, que é feita por meio de cruzamentos direcionados entre matrizes das variedades botânicas 'Conilon' e 'Robusta' que possuem características divergentes e complementares. A heterose ou vigor híbrido está associada à capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores, sendo que de maneira geral, procura-se por indivíduos híbridos que associem o vigor e a resistência a pragas e doenças da variedade botânica 'Robusta' ao menor porte e a resistência a seca da variedade botânica 'Conilon'. O maior vigor observado nos indivíduos híbridos tem justificado a adoção desta estratégia em diferentes regiões do mundo.

O desbalanceamento dos experimentos também é uma questão importante a ser considerada no melhoramento de *C. canephora*, uma vez que a redução da taxa de sobrevivência das plantas ao longo do tempo resulta em parcelas perdidas, que em muitos casos, não podem ser simplesmente estimadas pela média do bloco. Assim na ocorrência de desbalanceamento, métodos tradicionais de estimação, com base em análise da variância não são os mais recomendados para a análise de dados no melhoramento do cafeeiro. Neste caso o procedimento analítico a ser utilizado para estimar os valores genéticos é o REML/BLUP, para estimação de componentes da variância por máxima verossimilhança restrita (REML) e predição de valores genéticos pela melhor predição linear não viciada (BLUP). Este método permite agregar as propriedades da teoria de modelos mistos para obtenção de estimativas não viesadas, que são idênticas aos métodos baseados em análise de variância quando não há desbalanceamento.

E, finalmente, por ser uma espécie perene de produção anual, considera-se que a distribuição da produtividade do cafeeiro ao longo dos anos é tão importante quanto à produtividade acumulada, uma vez que uma planta pode apresentar maior produtividade acumulada porque teve maior rendimento nas primeiras colheitas ou porque apresentou maior estabilidade produtiva ao longo do tempo. Estudos de interação clones x safras baseados na avaliação de pelo menos quatro safras são realizados para selecionar plantas de desempenho superior. A interpretação da média harmônica dos valores genéticos tem permitido selecionar plantas de melhor desempenho e distribuição mais uniforme, com menor variação entre as colheitas.

Considerando que as estratégias e objetivos do programa de melhoramento são decididos em função das características do produto final e da variabilidade genética da população base, ao longo dos anos o programa de melhoramento da Embrapa Rondônia executou diferentes atividades de pesquisa até o lançamento da sua primeira variedade clonal no ano de 2013.

## Objetivos e estratégias do melhoramento genético

Na agricultura moderna, duas estratégias principais são consideradas para o aumento da produtividade: o plantio de materiais genéticos superiores e a melhoria das condições de cultivo. Em diversas culturas tem sido quantificada uma relação aditiva entre esses fatores, resultado da expressão do potencial genético superior em melhores condições de cultivo (PALLET; SALE, 2006; CRUZ et al., 2004; CRUZ, 2001).

No melhoramento genético clássico de *Coffea canephora*, objetiva-se a seleção de plantas de elevado potencial produtivo com bebida de qualidade superior, associadas à maior

uniformidade de maturação dos frutos, resistência à ferrugem alaranjada e tolerância a insetos-pragas (AGUIAR et al., 2005; CORTEZ, 2001; CILAS et al., 2006; BERTHAUD, 1986; VENEZIANO, 1996; FAZUOLI, 1986).

O Estado de Rondônia destaca-se pela sua aptidão para cultivo do *C. canephora* em regime de agricultura familiar, com cafezais de até 10 ha. Em geral, o nível de tecnologia nessas lavouras é baixo, sendo que a maior parte do café, ainda é comercializada com elevado percentual de frutos verdes. A seleção de plantas de maior potencial produtivo e melhor uniformidade de maturação é considerada uma alternativa para aumento da produtividade sem aumento de custos adicionais.

Associado ao desenvolvimento da cafeicultura rondoniense, no período de 1978 a 1996 as atividades de melhoramento genético do cafeeiro na Embrapa Rondônia foram limitadas a avaliações de materiais genéticos desenvolvidos nas principais instituições de pesquisa cafeeira do país, tais como: o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a Universidade Federal de Viçosa (UFV), o Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) e a extinta Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Emcapa) atualmente denominada Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Nesse período, os principais objetivos foram a indicação de cultivares de polinização aberta e a adaptação de técnicas de manejo (COSTA, 2009; NUNES, 2003; TEIXEIRA, 2002; VENEZIANO; GODINHO, 1998; VENEZIANO, 1993; SANTOS; VENEZIANO, 1992; VENEZIANO, 1984; VENEZIANO et al., 1983; VENEZIANO; CHAVES, 1983; VENEZIANO; CARVALHO, 1982; VENEZIANO; FUJIWARA, 1982; VENEZIANO et al., 1979).

Considerado como o marco inicial da mudança nas estratégias de seleção, na década de 1990 foi estruturado o programa de melhoramento genético básico com o objetivo de explorar a variabilidade fenotípica dos cafezais do Estado. Neste período, foram realizadas expedições para pré-seleção e clonagem para coleta dos acessos selecionados fenotipicamente nos principais polos cafeeiros do Estado, nos municípios de Cacoal, Rolim de Moura e Ji-Paraná.

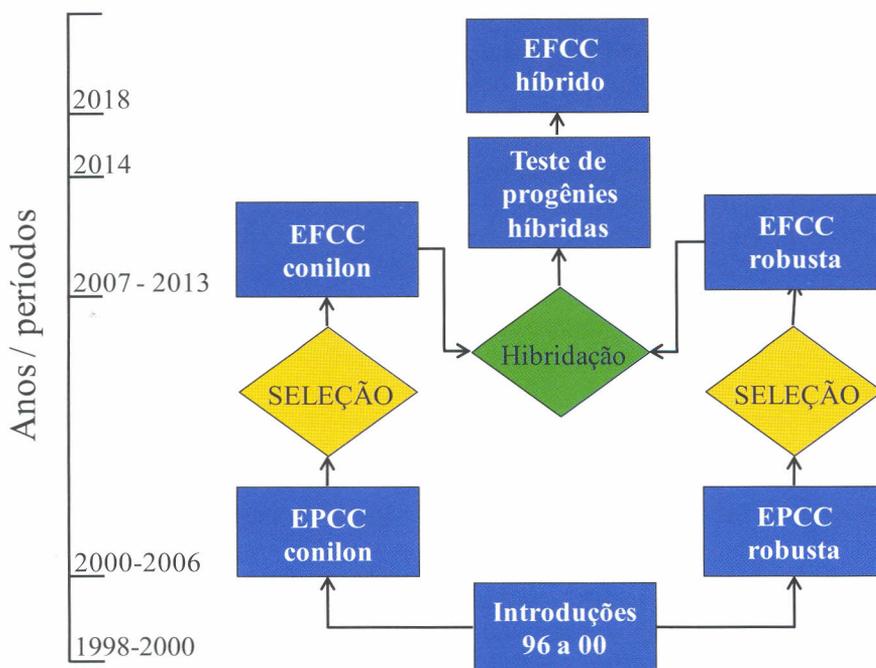
Nesse período foram clonadas 1.158 plantas em diferentes condições edafoclimáticas. Após a seleção final em viveiro 644 clones foram utilizados para instalar três Ensaios Preliminares de Competição Clonal (EPCC), divididos em: 153 acessos em 1998 (EPCC-98), 213 acessos em 2000 (EPCC-2000) e 278 acessos em 2001 (EPCC-2001) (Figura 1). Pela herança complexa e associação com outros componentes de produção, em um primeiro estágio a produção de café beneficiado foi a principal característica considerada para a seleção de clones de boa adaptabilidade geral.

Mais recentemente, visando implementar novas estratégias, geradoras de variabilidade genética, explorando as diferenças entre as variedades botânicas 'Conilon' e 'Robusta' as populações base do programa de melhoramento foram estruturadas a partir de indivíduos superiores, selecionados nos ensaios preliminares de seleção clonal (Figura 1).

A seleção de plantas fundamenta-se nos valores genotípicos dos indivíduos que serão clonados, e nos valores genéticos aditivos dos indivíduos que serão utilizados na recombinação. Para isso a fração aditiva da variância genética é necessária para predição de ganhos na reprodução sexuada e a fração não aditiva da variância genética para predição de ganhos na reprodução assexuada (CRUZ et al., 2004; RESENDE, 2002).

Entre os procedimentos mais importantes para a estimação dos parâmetros genéticos destaca-se o REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear não-

viesada), que permite a predição dos valores genéticos associados aos efeitos aleatórios do modelo estatístico, ajustando-se os dados aos efeitos fixos e ao número desigual de informações nas parcelas por meio de metodologia de modelos mistos (RESENDE, 2002; FREITAS et al., 2009; ROCHA et al., 2009).



**Figura 1.** Fluxograma dos métodos de melhoramento utilizados no programa de melhoramento da Embrapa Rondônia ao longo do tempo. EPCC: Ensaio Preliminar de Competição Clonal, EFCC: Ensaio Final de Competição Clonal.

Na seleção clonal deve-se considerar simultaneamente a adaptabilidade (desempenho superior) e a estabilidade (manutenção da superioridade ao longo do tempo) dos genótipos. A menor variação bienal é tão importante quanto o potencial produtivo na seleção de clones de maior estabilidade de produção e que mantenham sua superioridade ao longo do tempo. Estando associada ao número mínimo de avaliações necessárias para seleção de plantas, a repetibilidade interpretada como o valor máximo da herdabilidade no sentido amplo, é considerada para interpretar o progresso genético que pode ser obtido com a seleção.

Novas estratégias de análise também têm sido utilizadas para seleção de clones de maior adaptabilidade e estabilidade. A média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG) permite selecionar simultaneamente plantas de maior produção e estabilidade produtiva. Este método baseia-se em uma propriedade da média harmônica de que quanto menor o desvio no desempenho dos clones ao longo dos anos, maior a média harmônica de seus valores genotípicos (RESENDE, 2002).

Na espécie *C. canephora*, os grupos botânicos 'Congolense' e 'Guineano' são cultivados comercialmente de forma significativa (BERTHAUD, 1986). No grupo 'Congolense' está a variedade botânica 'Robusta' que se caracteriza por apresentar maior vigor, crescimento ereto, folhas e frutos de maior tamanho, maturação tardia, menor tolerância

ao déficit hídrico e maior tolerância a pragas e doenças. O segundo grupo Guineano inclui a variedade botânica Kouillou (Conilon), que se caracteriza por apresentar plantas de crescimento arbustivo, florescimento precoce, caules ramificados, folhas alongadas, resistência a seca e maior suscetibilidade a doenças (FERRÃO, 2004).

A seleção recorrente recíproca fundamenta-se no melhoramento de duas populações simultaneamente, por meio de modificações de suas frequências gênicas de forma complementar mantendo-as geneticamente distintas, utilizando uma população como testadora da outra para explorar o efeito de combinação específica entre os genitores (COMSTOCK et al., 1949 citado por HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1988; RAMALHO et al., 1993; FALCONER, 1987). Nesse método a avaliação do valor genético das árvores matrizes de ambas as variedades botânicas são estimadas a partir de um único teste de progênie em que as plantas de uma variedade botânica servem de testadoras do valor genético da outra (HALLAUER, 1989). A cada ciclo de seleção é esperado um aumento no grau de heterose entre os cruzamentos, aumentando a manifestação da sobredominância nos indivíduos híbridos.

Embora plantas de ambos os grupos possam ser chamadas de “Café Robusta”, a separação das populações espécies puras objetiva a produção sistemática de híbridos entre elas, explorando o vigor híbrido que se manifesta no cruzamento interespecífico com a possibilidade de reunir na mesma planta as melhores características de cada uma das variedades botânicas. Híbridos naturais que apresentam a arquitetura de copa, precocidade e resistência à seca do ‘Conilon’, com o vigor, tamanho de frutos e resistência a pragas e doenças do ‘Robusta’, têm naturalmente se destacado nas avaliações de campo.

Nessa estratégia, a interpretação da capacidade de combinação dos genitores é fundamental para o direcionamento dos cruzamentos, considerando que: a Capacidade Geral de Combinação (CGC) está associada à frequência de alelos favoráveis de um genitor e a Capacidade Específica de Combinação (CEC) mensura o desempenho de uma combinação específica em virtude da complementação entre dois genitores. Na instalação dos testes de progênies híbridas utiliza-se delineamento em dialelo parcial circulante para agrupamento de 20 x 20 genitores com cinco cruzamentos por genitor (CRUZ, 2004; RESENDE, 2002).

A partir da avaliação dos testes de progênies híbridas pretende-se realizar cruzamentos intraespecíficos dos melhores genitores selecionados pelo seu valor genético para formação de nova população de melhoramento, obtida pelo cruzamento aleatório entre os indivíduos selecionados em cada uma das variedades botânicas, seguida de seleção em teste de progênies formado pelos mesmos.

Por causa da diversidade ambiental em que o *C. canephora* é cultivado é esperada a ocorrência da interação genótipo ambiente do tipo simples e complexa, resultando em comportamento não coincidente das cultivares ou clones nas diferentes condições em que os genótipos são avaliados (LEROY et al., 2006; ROCHA et al., 2005; FERRÃO, 2005; MONTAGNON et al., 2000; LEROY et al., 1997; RAMALHO et al., 1993; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; BOUHARMONT et al., 1986). No Estado, os municípios de Ouro Preto do Oeste e Porto Velho, são pontos estratégicos para avaliação de clones de elevado potencial produtivo considerando a análise de características de maior valor agregado, descritas a seguir.



## **Critérios de seleção**

### **Rendimento de grãos**

Nas avaliações para o caráter rendimento de grãos, a medida mais comumente utilizada é o volume ou peso de café cereja (café da roça) por planta ou por parcela, que posteriormente é convertido em peso de café beneficiado por meio da aplicação de um índice de conversão. Em virtude da grande variação genética na espécie *Coffea spp.*, recomenda-se que esse índice seja calculado individualmente para cada genótipo. Em geral, as estimativas de conversão para as variedades de *Coffea arabica* variam entre 16%-24%, e *C. canephora* entre 22%-26% (MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2003). Dependendo do genótipo e da maturação dos frutos, as produtividades podem sofrer grandes variações, com diferenças de duas a quatro vezes entre o menor e maior rendimento. Essas diferenças são minimizadas quando os experimentos são conduzidos sob condições ideais de cultivo. Como se trata de um caráter quantitativo influenciado pelo ambiente, a produção de grãos deve ser avaliada no maior número de safras possível, a fim de se obter estimativas confiáveis do potencial produtivo dos genótipos. Após analisar as estimativas de repetibilidade da produção de grãos em *C. canephora* (FONSECA et al., 2004) e *C. arabica* (MISTRO et al., 2008), os autores concluíram que são necessárias pelo menos quatro safras de produção para discriminar os genótipos e estimar a longo prazo o potencial produtivo dos mesmos.

### **Vigor vegetativo**

O vigor vegetativo do cafeeiro pode ser mensurado a partir dos 12 meses de idade, com as plantas em campo ainda em estágio juvenil. Essa estimativa pode ser obtida por meio da avaliação de caracteres morfológicos como altura da planta, diâmetro do caule, número de pares de ramos plagiotrópicos, comprimento do primeiro ramo plagiotrópico e número de nós do primeiro ramo plagiotrópico. Outro modo é por meio de avaliações visuais, atribuindo notas arbitrárias de 1 a 10, em que 1 = sem vigor e 10 = muito vigorosa. Essas características podem ser um bom indicador para correlacionar com o rendimento. Severino et al. (2002) detectaram, além da alta correlação, um grande efeito direto positivo entre o vigor vegetativo e a produção de grãos. Esse fato explica porque o vigor vegetativo está entre as características mais utilizadas para estimação da capacidade produtiva de cafeeiros (CARVALHO et al., 2010). Segundo Teixeira et al. (2012) os caracteres comprimento do primeiro ramo plagiotrópico e vigor vegetativo, aos 12 meses de idade, podem ser utilizados efetivamente na seleção precoce para produção de grãos em café arábica. A utilização dessas características no processo seletivo possibilita a concentração de esforços naqueles genótipos de maior potencial produtivo.

Nos programas de melhoramento, prevalece um interesse crescente para a seleção de genótipos que apresentam baixa altura e adequada arquitetura das plantas. Essa característica viabiliza o plantio em altas densidades, além de facilitar o manejo e a colheita. O emprego das avaliações de vigor pode auxiliar na identificação desse tipo de genótipo, pois a expressão de plantas de porte baixo e compactas ocorre já na fase juvenil das plantas.

### **Estabilidade e bienalidade da produção**

A interação genótipos x ambientes, torna mais complexa as atividades de seleção de plantas. Como o valor genotípico pode não ser coincidente nos diferentes ambientes, faz-se necessária a avaliação dos genótipos no maior número possível de ambientes,

maximizando as chances de sucesso na seleção de genótipos e lançamento de cultivares. O recomendado é que os ambientes escolhidos possuam características edafoclimáticas semelhantes, a fim de validar determinada cultivar para aquela região.

A bianalidade do cafeeiro caracteriza-se pela alternância de grandes e pequenas produções ao longo do tempo. Esse fenômeno é mais pronunciado no *C. arabica*, mas que também ocorre no *C. canephora*, normalmente com menor intensidade por causa das características genéticas das plantas associadas às técnicas de podas, uso intensivo da irrigação, entre outros. Diversos fatores podem influenciar a bianalidade produtiva do café. A justificativa mais recente é atribuída à diminuição das reservas das plantas em anos de safra com altas produtividades, o que faz com que, em virtude do menor crescimento dos ramos plagiotrópicos, a produção no ano seguinte seja menor (DAMATTA et al., 2007; SILVA et al., 2008).

A própria variabilidade genotípica existente nas espécies *C. arabica* e *C. canephora* pode também ter efeito sobre a bianalidade de produção. Existem genótipos de café com variadas características de vigor vegetativo, e que apresentam diferentes capacidades de recuperação de uma safra para outra. A variação pode ser expressa desde genótipos altamente produtivos que apresentam bianalidade acentuada até outros com menor carga de produção, mas que demonstram estabilidade. Essa diversidade genética já vem sendo considerada como critério seletivo nos programas de melhoramento. O objetivo é o desenvolvimento de cultivares altamente produtivas e estáveis ao longo dos anos.

### Maturação dos frutos

A desuniformidade de maturação é uma das principais preocupações na cadeia produtiva do café, sendo que a sua ocorrência pode comprometer desde a colheita até a qualidade final do produto. A variabilidade genética para essa característica é bem pronunciada, sendo que alguns genótipos apresentam maior uniformidade de maturação quando comparado a outros. Entretanto, o principal responsável pela desuniformidade é a ocorrência de mais de uma florada, provocada por chuvas irregulares no período da floração. O ciclo de maturação é definido pelo intervalo entre a floração e a colheita. A florada pode ocorrer de 30 a 120 dias após a colheita sendo induzida pelo estímulo que a planta recebe após uma chuva ou irrigação.

O melhorista deve estar atento quanto à seleção para essa característica, já que é um caráter influenciado pelo ambiente. Em lavouras não irrigadas, é possível minimizar os erros na seleção identificando àquelas plantas que concentram o maior lançamento de inflorescências na primeira e/ou última florada, pois se espera que estas tenham uma maior proporção de frutos no mesmo estágio de maturação. A Figura 2 ilustra a classificação dos diferentes estádios de maturação, desde o café verde até o seco.

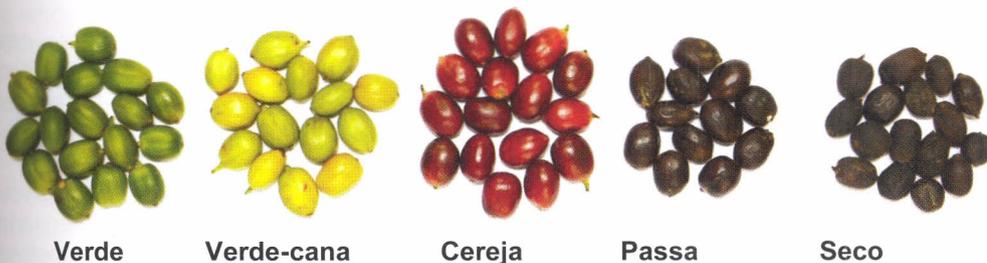


Foto: Rafael Alves da Rocha

Figura 2. Frutos de café em seus diferentes estádios de maturação.



## Resistência/tolerância

### *Ferrugem-alaranjada*

Os estudos sobre resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix*) iniciaram na Índia, por volta de 1925, na estação experimental de Balhounnur, utilizando plantas híbridas obtidas dos cruzamentos naturais entre as espécies *C. arabica* e *C. liberica*. Nos anos 1940, plantas resistentes da cv. Típica foram encontradas em Timor e levadas para Portugal (BITTENCOURT; CARVALHO, 1968). Essas plantas, denominadas 'Híbridos de Timor' oriundas de cruzamentos entre *C. arabica* e *C. canephora*, apresentavam alta resistência à ferrugem e, por isso, foram estudadas por diferentes centros de pesquisa do mundo, com destaque para o Centro de Investigações das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), em Portugal.

A resistência às diferentes raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* é condicionada por fatores genéticos dominantes identificados pela sigla SH, que corresponde a "suscetibilidade à Hemileia", e foram inicialmente designados por SH1, SH2, SH3 e SH4. Com base na teoria de gene-a-gene de Flor (1971), os fatores de virulência do patógeno de natureza recessiva foram designados por v1, v2, v3 e v4. Bittencourt e Carvalho (1968) admitiram existir mais dois fatores de virulência (v5 e v6) seus respectivos genes nos hospedeiros, atribuindo SH1, SH2, SH4 e SH5 para *C. arabica*, SH3 para *C. liberica* e SH6 para *C. canephora*.

A resistência à ferrugem-alaranjada (*Hemileia vastatrix*) é comumente avaliada por meio de observações subjetivas em condições de campo. Esse tipo de avaliação é aplicado utilizando-se uma escala de notas para marcar o grau de suscetibilidade, discriminando plantas suscetíveis (S) e resistentes (R). O nível de resistência de campo à ferrugem-da-folha é muito influenciado pela produtividade. Geralmente, a incidência da ferrugem é mais pronunciada nas plantas mais produtivas.

Para avaliar a resistência sob condições controladas, Eskes (1982) desenvolveu uma metodologia de avaliação utilizando inoculações em discos de folhas de plantas adultas. Em resumo, o procedimento consiste na coleta de folhas no período da manhã (08-10h). Posteriormente, faz-se o corte das folhas em forma de discos com aproximadamente 20 mm de diâmetro. Em seguida, esses discos são acondicionados em caixa gerbox (caixa plástica, 11 cm x 11 cm x 4 cm) e a inoculação das plantas é realizada borrifando a suspensão de uredíniosporos na face inferior do disco. Após 15 dias já é possível observar o aparecimento dos sintomas nos discos das plantas suscetíveis. Além das avaliações em laboratório, é imprescindível a confirmação dos resultados com avaliações em campo, com o objetivo de simular a incidência do patógeno em condições naturais de infestação.

### *Nematoide-das-galhas*

Fontes de resistência a nematoides do gênero *Meloidogyne* estão presentes nas espécies diploides de *Coffea*, embora alguns genótipos apresentem suscetibilidade. Em *C. canephora*, Lima et al. (2007) detectaram a ocorrência de *M. incognita* em alguns genótipos na região nordeste do Espírito Santo.

Com o objetivo de minimizar o problema, o Instituto Agrônomo de Campinas desenvolveu um porta-enxerto de *C. canephora*, resistente à *M. exigua* e *M. incognita*. O porta-enxerto recebeu o nome de 'Apoatã', e vem sendo usado com sucesso, mostrando-se compatível com as cultivares de *C. arabica* suscetíveis. Sera et al. (2006) identificaram seis genótipos

como resistentes para os nematoides *M. paranaensis*, *M. incognita* raça 1 e *M. incognita* raça 2.

Nos programas de melhoramento, as avaliações de resistência geralmente são realizadas por meio da inoculação artificial das mudas em vasos, utilizando um número pré-determinado de nematoides (ovos, larvas ou adultos). Como as populações de nematoides variam de um lugar para outro, a confirmação dessa resistência em condições de campo faz-se necessária, a fim de validar o genótipo para determinado ambiente.

Estudos recentes do mapeamento de fitonematoides em Rondônia identificaram que as espécies dos gêneros *Meloidogyne*, *Aphelencooides* e *Aphelenchus* são as mais presentes na cafeicultura do Estado (MARCOLAN et al., 2009). Para a região Amazônica ainda não foram recomendadas cultivares ou porta-enxertos resistentes a esses fitonematoides. Pesquisas nesse sentido têm sido alvo dos pesquisadores da Embrapa Rondônia, no intuito de desenvolver num futuro próximo uma cultivar ou porta-enxerto de *C. canephora* com tolerância moderada ao patógeno.

### *Insetos-praga*

A seleção para resistência a insetos não é muito praticada nos programas de melhoramento genético do cafeeiro. A identificação de genótipos resistentes ao ataque de insetos é muito limitada, e quase sempre é observada em materiais selvagens sem valor agrônômico. Em outras culturas, essa resistência somente foi possibilitada por meio da transgenia. Como exemplo, podemos citar o milho *Bt*, no qual foi incorporado ao seu DNA um gene que codifica uma proteína tóxica capaz de matar o inseto depois de ingerido. Esse gene *Bt* foi extraído de uma bactéria do solo chamada *Bacillus thuringiensis*.

Variações genéticas para resistência ao bicho-mineiro (*Leucoptera spp.*) e a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) ainda são limitadas nas espécies *C. canephora* e *C. arabica*. A resistência ao bicho-mineiro do café pode ser encontrada em espécies diploides selvagens e tem sido utilizada na introgressão em arábica por meio de cruzamentos com *C. racemosa* no Brasil. Metodologias de avaliação mais eficazes foram desenvolvidas utilizando folhas destacadas ou discos de folhas (GUERREIRO FILHO et al., 1992). Entretanto, até o momento não foram desenvolvidas cultivares de café com tolerância expressiva contra o ataque dessas pragas.

### *Estresses abióticos*

Aspectos como as mudanças climáticas e o aquecimento global reportado nos últimos anos, associados aos crescentes períodos de seca prolongados, têm direcionado os programas de melhoramento na busca por genótipos que demonstrem bom desempenho quando submetidos ao déficit hídrico e/ou a temperaturas elevadas. A tolerância a esses estresses é o resultado de numerosas características anatômicas, morfológicas e fisiológicas, de natureza constitutiva e indutiva, que se interagem, permitindo assim a manutenção de processos de crescimento e desenvolvimento sob condições edafoclimáticas extremas (STEPONKUS et al., 1980).

A espécie *C. canephora* é indicada para regiões de baixa latitude com temperaturas médias anuais elevadas (22 °C a 26 °C) e, dentre certos limites, em regiões com um período seco mais prolongado (CAMARGO, 2010). Plantas do grupo 'Robusta' são caracterizadas por um vigoroso sistema radicular, o que lhe confere alta capacidade de



absorção de água no solo (ALFONSI et al., 2005). Entretanto, tais plantas parecem apresentar um controle estomático deficiente da transpiração, o que contribuiria para uma rápida exaustão da água do solo e, conseqüentemente, baixa tolerância à seca. Já no grupo 'Conilon', entende-se que há um controle estomático da transpiração mais eficiente que em 'Robusta', apesar do grande polimorfismo observado em diferentes clones deste grupo no que diz respeito à tolerância a seca (DAMATTA; RENA, 2001).

## Qualidade de bebida

### *Características do grão*

Além da produtividade, outros caracteres devem ser utilizados no processo de seleção como tamanho de peneira, peso do grão e porcentagem de moca e grãos chochos. O tamanho dos grãos é avaliado pela classificação em peneiras e o peso pelo cálculo médio de 100 grãos. Grãos moca são sementes arredondadas, resultante da polinização deficiente em que apenas um dos lóculos é fecundado. Isso ocorre em virtude das condições ambientais desfavoráveis ou problemas genéticos. Geralmente, o *C. arabica* apresenta em média 10% de grãos moca. No *C. canephora* esse percentual é maior (30%-60%), devido ao seu sistema de reprodução por alogamia com autoincompatibilidade gametofítica (MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2003).

Outra característica relacionada ao fruto é a porcentagem de frutos chochos. Em arábica, a quantificação se dá pela contagem do número de frutos flutuantes após a colheita, conhecido como avaliação do 'boia'. A partir de uma amostra de um litro de café faz-se a seleção de cinquenta frutos que se encontram no estágio cereja. Em seguida, os frutos selecionados são depositados em um recipiente com água. Faz-se a contagem do número de frutos que boiam na água. Esse resultado é multiplicado por dois, obtendo-se a porcentagem de frutos chochos.

### *Atributos sensoriais*

A qualidade do café pode ser afetada por diversos fatores, tais como material genético, condições ambientais, tratos culturais e manejo pós-colheita. As características sensoriais do café são quantificadas com base nas regras de competição nacional e internacional da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, 2014). Essas avaliações têm como critério a quantificação dos seguintes atributos: aroma, doçura, acidez, corpo, sabor e bebida limpa.

Os cafés classificados como de alta qualidade de bebida são produzidos a partir das variedades Bourbon e Típica, ambos da espécie *C. arabica*. Apesar do *C. arabica* apresentar uma qualidade superior, com mais aroma e sabor, a espécie *C. canephora* é a principal matéria-prima na indústria de cafés solúveis, e muito utilizada na composição de *blends*. O café arábica apresenta concentrações mais elevadas de carboidratos, lipídeos, trigonelina, dentre outros compostos. Já o canéfora é considerado como de bebida neutra, com maiores teores de polifenóis e cafeína (LEROY et al., 2006; CARVALHO et al., 2010).

Quanto ao teor de cafeína nos grãos, existem trabalhos com o objetivo de se obter uma cultivar de café com teores reduzidos de cafeína (SILVAROLLA et al., 2004). Infelizmente, os genótipos obtidos até agora possuem baixa produtividade e qualidade de bebida inferior àquela exigida no mercado. O trabalho mais promissor foi à introdução realizada pelo IAC de 3000 genótipos selvagens de *C. arabica*, coletados na Etiópia. Destes, foram identificadas

três plantas mutantes com teores muito reduzidos de cafeína, próximos de 0,076% (SILVAROLLA et al., 2004). Todavia, esses genótipos não apresentaram produtividade satisfatória nas nossas condições.

Em *C. canephora*, poucos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de selecionar plantas com teores reduzidos desse alcaloide. O cruzamento entre clones pode ser a melhor estratégia para a redução do teor de cafeína na espécie, visto que a mesma apresenta grande variabilidade para essa característica, com teores entre 2% e 4% (FERRÃO et al., 2008). O Incaper lançou em 2013 três variedades clonais de *C. canephora*, sendo que a qualidade de bebida foi um dos critérios utilizados na seleção dessas cultivares.

## Parâmetros genéticos

O *C. canephora* caracteriza-se como uma espécie tipicamente alógama, que apresenta mecanismos que favorecem a polinização cruzada tais como, a autoincompatibilidade gametofítica e o florescimento sincronizado. A alta heterogeneidade entre plantas de lavouras seminíferas é característica marcante dessa espécie que apresenta alta variabilidade genética natural e polinização cruzada entre gerações. Esta heterogeneidade dificulta o manejo e os tratos culturais e diminui a média de produção da lavoura, causada pela segregação que resulta em uma distribuição normal de plantas com maior e menor produtividade.

Nos programas de melhoramento de plantas, o planejamento das avaliações fundamenta-se na interpretação das estimativas dos parâmetros genéticos para inferir a qualidade experimental e quantificar a proporção da variância total devido às diferenças genéticas entre os materiais (CRUZ et al., 2003). Os parâmetros genéticos permitem quantificar a variabilidade genética das populações de melhoramento e o progresso genético com a seleção.

Entre os parâmetros genéticos mais importantes destacam-se: o coeficiente de variação experimental para avaliar a qualidade dos experimentos, o coeficiente de variação genética para comparar a variância genética com a ambiental e a herdabilidade para quantificar a fração herdável das características predizendo os ganhos com a seleção.

Resultados da análise de variância da produtividade de café beneficiado ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) mostraram que o efeito de "clones" é significativo em todos os Ensaio Preliminares de Competição Clonal (Tabela 1). Os valores dos coeficientes de variação são compatíveis com os valores observados por Ferrão et al. (2008), que relatam coeficientes entre 16,92% e 26,40% para a produtividade média de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). As estimativas do coeficiente de variação genético que mensura a proporção variância total devido à variação genotípica entre os clones indicaram a predominância do componente genético na produção de café beneficiado, o que segundo Cruz et al. (2004) caracteriza uma condição favorável para a obtenção de ganhos com a prática da seleção (Tabela 1).

Por sua vez, a correlação entre os valores genotípicos verdadeiros e os valores estimados interpretados como a acurácia do procedimento de seleção, permite quantificar a eficácia da inferência do valor genotípico de cada clone em função do número de medições (safras) avaliadas (RESENDE, 2002; CRUZ et al., 2004). Segundo classificação de Resende (2002), o valor da acurácia da seleção evidencia alta precisão nas inferências dos valores genotípicos nos anos de alta produção, indicando também que maiores acurácias de seleção foram obtidas nas safras de maior produtividade.



**Tabela 1.** Amplitude dos parâmetros genéticos da produtividade de café beneficiado (kg planta<sup>-1</sup>) estimados nos Ensaio Preliminares de Competição Clonal instalados no Município de Ouro Preto do Oeste, RO, nos anos de 1998 (153 clones), 2000 (213 clones) e 2001 (278 clones).

Parâmetros genéticos	1º Colheita	2º Colheita	3º Colheita	4º Colheita
$CV_e$	21,13 - 33,24	26,20 - 31,06	19,70 - 26,80	23,54 - 35,14
$CV_g$	31,10 - 38,61	28,95 - 36,24	48,59 - 59,65	29,56 - 35,23
$AC_{clon}$	0,92 - 0,97	0,93 - 0,98	0,94 - 0,98	0,95 - 0,98
$h_g^2$	0,56 - 0,73	0,67 - 0,81	0,74 - 0,91	0,69 - 0,83

$CV_e$ : coeficiente de variação experimental,  $CV_g$ : coeficiente de variação genotípica,  $AC_{clon}$ : acurácia da seleção de genótipos,  $h_g^2$ : herdabilidade no sentido amplo.

O valor da herdabilidade depende da variabilidade genética da população base, do padrão predominante de herança e de fatores ambientais que limitam a acurácia e a precisão desta estimativa. As estimativas de herdabilidade foram comparáveis com as obtidas por Ferrão et al. (2008) e também indicam uma predominância do componente genético na expressão desta característica, que pode ser considerado alto por causa da existência de variabilidade genética na população base e uma boa avaliação experimental.

Entre as características de interesse para o melhoramento de *C. canephora* nos trópicos destacam-se: a adaptabilidade e estabilidade produtiva, a uniformidade de maturação e a resistência à ferrugem. Pela herança complexa e associação com outros componentes de produção, inicialmente a produção de café beneficiado foi considerada a principal característica para a seleção dos clones superiores. Após a caracterização de materiais de produção superior, em etapa seguinte, os clones foram agrupados considerando o ciclo e a uniformidade de maturação dos frutos, a resistência à ferrugem, o tamanho dos grãos, e a expressão de características típicas das variedades botânicas 'Conilon' e 'Robusta'.

A clonagem das plantas seja pelo plantio de estacas da haste vegetativa ou por cultura de tecidos, permite a exploração do valor genotípico completo do indivíduo. Em geral as variedades clonais de café canéfora são constituídas de 15 a 20 materiais que permitem maior segurança na polinização com menores percentuais de abortamento e de grãos do tipo moca. Segundo Ferrão et al. (2008), cultivares clonais de *C. canephora* devem ser desenvolvidas pela combinação de genótipos diferentes, compatíveis entre si.

Entre os genótipos de desempenho superior para produção de café beneficiado foram agrupados os dez melhores clones separados pelo seu ciclo de maturação: precoce, intermediário e tardio. O ganho de seleção médio na produção de café beneficiado indicou maior potencial de ganhos com a seleção de plantas de ciclo precoce (Tabela 2). O progresso genético estimado mostra bom potencial produtivo das populações base do programa de melhoramento.

A estruturação das populações base e a interpretação dos parâmetros genéticos são fatores decisivos para a maximização dos ganhos com a seleção. O conhecimento do valor genético dos clones permite a predição do comportamento de sua descendência,

para na prática determinar quantas vezes e com quantos indivíduos cada genótipo selecionado deverá ser cruzado, alterando assim a frequência dos alelos favoráveis e capitalizando a heterose ou vigor do híbrido, discutido a seguir.

**Tabela 2.** Valores genotípicos somados a média geral da produção de café beneficiado média de três safras (sacas ha<sup>-1</sup>), dos 10 melhores clones avaliados nos Ensaios Preliminares de Competição Clonal instalados no Município de Ouro Preto do Oeste nos anos de 1998 (153 clones), 2000 (213 clones) e 2001 (278 clones).

Clone	Precoce		Clone	Intermediário		Clone	Tardio	
	u+g	GS (%)		u+g	GS (%)		u+g	GS (%)
1	116,10	127,60	1	96,96	116,43	1	109,63	118,33
2	112,22	120,00	2	89,61	100,02	2	107,52	113,74
3	111,27	118,20	3	88,83	98,28	3	88,56	92,52
4	106,74	109,30	4	82,49	84,13	4	75,22	63,52
5	103,22	102,40	5	78,56	70,78	5	68,14	48,13
6	102,52	101,00	6	73,74	64,60	6	67,27	46,24
7	101,85	99,70	7	72,49	61,81	7	60,22	30,91
8	100,49	97,00	8	71,05	58,59	8	60,13	30,72
9	97,89	91,90	9	69,71	55,60	9	60,06	30,57
10	94,60	85,50	10	67,81	51,36	10	59,93	33,77
<b>Média</b>	<b>104,70</b>	<b>105,3</b>		<b>79,10</b>	<b>76,20</b>		<b>75,70</b>	<b>60,80</b>

μ : média geral, g: valor genotípico da produção de café beneficiado (sacas ha<sup>-1</sup>), GS (%): ganho de seleção percentual em relação à média do experimento.

## Hibridação controlada

Cruzamentos direcionados vêm sendo realizados, recentemente, de maneira sistemática para a obtenção de híbridos. Naturalmente, a espécie *C. canephora* apresenta alogamia, ou seja, seu sistema reprodutivo ocorre por fecundação cruzada. Esse sistema é favorecido pela ocorrência de autoincompatibilidade gametofítica. Segundo Berthaud (1980), a autoincompatibilidade é do tipo gametofítica, com herança monogênica controlada pelo gene "S" constituído por três alelos (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub>). Essa característica contribui para o aumento da variabilidade genotípica existente dentro das populações naturais.

A hibridação controlada é uma técnica utilizada na realização de cruzamentos direcionados, empregada como um método de melhoramento, para seleção recorrente intrapopulacional e recíproca, em que o objetivo é obtenção de novos genótipos e populações melhoradas. Esta técnica também é utilizada para o estudo do controle genético de caracteres.

A execução dos cruzamentos controlados pode ser realizada de duas maneiras, em campo isolado ou cruzamentos manuais. No caso do campo isolado, as plantas a serem inter cruzadas devem estar localizadas a uma distância mínima de outras lavouras de *C. canephora*, de preferência protegidas por vegetação densa, a fim de evitar a contaminação de pólen por vento ou agentes polinizadores.

O principal agente físico polinizador do cafeeiro é o vento, sendo que essa polinização é efetiva em distâncias de até 50 metros (CHARRIER, 1972). Outro importante polinizador do cafeeiro são as abelhas, que podem transportar o pólen a longas distâncias. Segundo Esch e Burns (1996) e Eckert (1933), o alcance efetivo deste agente polinizador é de até 700 metros. Nessas condições, recomenda-se que o isolamento do



campo de cruzamentos seja de pelo menos 800 metros, favorecendo a troca de pólen somente entre as plantas isoladas (Figura 3). Por essa estratégia de hibridação preconiza-se a obtenção de famílias ou progênes de meio-irmãos.

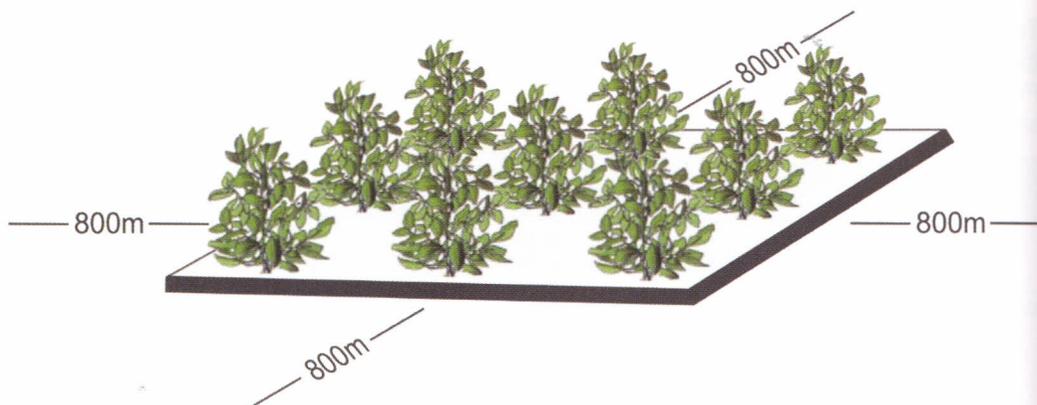


Figura 3. Ilustração do campo isolado para realização dos inter cruzamentos em *C. canephora*.

Nos cruzamentos manuais é realizado o cruzamento biparental, em que se utiliza uma planta como receptora de pólen (fêmea) e outra como doadora de pólen (macho). Esse método é mais complexo, requerendo maiores cuidados e mão de obra qualificada. Nesse caso, é possível obter famílias ou progênes de irmãos germanos, com genitores conhecidos. Para facilitar o procedimento, os cruzamentos manuais são realizados utilizando o ramo plagiotrópico, ou seja, faz-se uma única proteção de todas as inflorescências do mesmo ramo. O saco de papel utilizado é do tipo kraft, com dimensões aproximadas de 55 cm x 25 cm (modelo “baguete”). A seguir é apresentado um resumo das principais etapas do procedimento (Figura 4):

- a) **Escolha dos ramos doadores e receptores (macho e fêmea):** A etapa deve ser realizada de 7 a 8 dias após a ocorrência da chuva (julho/agosto), ou indução por irrigação. Os botões florais se apresentam na cor branca e percebe-se o pronunciamento do estigma na extremidade de algumas flores.
- b) **Proteção dos ramos com saco de papel:** Faz-se a proteção dos ramos doadores e receptores localizados no terço-médio inferior e que estejam localizados do lado oposto ao sol da tarde (evita a queima dos ramos).
- c) **Escolha do ramo doador de pólen:** Seleção do ramo macho que será utilizado como doador de pólen. Este deve apresentar inflorescências bem desenvolvidas e com aproximadamente 80% das flores recém-abertas.
- d) **Coleta do ramo doador (macho):** Depois de selecionado o ramo doador, faz-se o corte do mesmo e retiram-se todas as folhas presentes no ramo. O tamanho do ramo deve ser um pouco menor que o comprimento do saco de papel, já que depois de introduzido ele permanecerá dentro do saco.
- e) **Inflorescências protegidas:** O saco de papel deve estar protegendo o ramo receptor (fêmea) com as inflorescências já abertas. Caso o saco de papel possua visor transparente, recomenda-se que as inflorescências não fiquem expostas nesse local para evitar a queima das flores pelo sol.
- f) **Introdução do ramo doador (macho):** Faz-se uma abertura de aproximadamente 15 cm na extremidade do saco de papel para que seja possível realizar a introdução do ramo doador de pólen.



Fotos: Alexandro Lara Teixeira

**Figura 4.** Passo-a-passo para a realização dos cruzamentos manuais. (A) Inflorescência no estágio de proteção. (B) Ramos protegidos. (C) Inflorescências no estágio de maturação apropriado para realização dos cruzamentos. (D) Coleta do ramo doador (E) Ramo receptor protegido (F) Introdução do ramo doador. (G) Polinização. (H) Fechamento do saco de papel.

Fonte: Teixeira et al. (2011).



- g) **Polinização:** Após o ramo ser introduzido no saco, realiza-se a fricção entre os ramos (doador e receptor) a fim de promover uma distribuição uniforme de pólen.
- h) **Fechamento do saco de papel:** Após o procedimento, encaixe o ramo doador (macho) sobre o ramo receptor (fêmea), e proceda com o fechamento da abertura realizada no saco de papel. Em seguida, faça as devidas anotações no mesmo sobre os genitores (Ex. Clone 01 ♀ x ♂ Clone 02).

## Heterose e vigor híbrido

Estudos sobre heterose, definida também como vigor híbrido, tiveram início no final do século 19, quando Darwin conduziu experimentos comparando plantas autofecundadas com plantas cruzadas em milho. Posteriormente, com o advento do milho híbrido, desenvolvido a partir das descobertas de Shull (1909) com a produção do híbrido simples, e de Jones (1918) com o desenvolvimento do híbrido duplo, a utilização de híbridos expandiu-se rapidamente despertando interesse e estimulando novas pesquisas. O emprego dessa tecnologia impulsionou significativamente a agricultura do século 20, maximizando a produtividade e viabilizando novas técnicas de manejo.

A aplicação dessa técnica em *C. canephora*, é mais recente, e tem como principal objetivo o aumento da produtividade nas espécies *C. canephora* e *C. arabica*. Híbridos F<sub>1</sub>, oriundos de cruzamentos entre genótipos de *C. arabica* não relacionados produziram aumentos significativos na produtividade dos cafezais em vários países (BERTHAUD, 1985; VAN DER VOSSSEN, 1985). Nos Camarões, cruzamentos entre variedades melhoradas e variedades etíopes cultivadas mostraram ganhos significativos na produtividade em relação a variedades parentais em condições menos favoráveis ao desenvolvimento (BOUHARMONT, 1992). Na América Central, um programa de melhoramento baseado na hibridação entre variedades etíopes melhoradas e variedades anãs locais (Catimor, Caturra) foi iniciado em 1990. Este programa foi realizado em vários países participantes por meio de diferentes instituições, incluindo Prome-CAFE, CATIE, CIRAD e IRD. Os resultados obtidos no programa confirmam a existência de heterose na maioria dos híbridos F<sub>1</sub>, com incremento de 20%-40% no rendimento de grãos quando comparado com seus progenitores, que na ocasião eram as melhores variedades (BERTHAUD, 1985).

Para *C. canephora*, a identificação dos dois grupos genéticos, guineanos e congolezes combinada com a demonstração do valor de híbridos entre esses grupos justificou a implantação de um programa de seleção recorrente recíproca na Costa do Marfim, iniciada em 1985 (BERTHAUD, 1985). Cerca de 100 plantas representativas de cada grupo foram intercruzadas com testadores do outro grupo (LEROY et al., 1993). Mais de 70 plantas foram selecionadas dentro das melhores progênies dos cruzamentos. Esses clones (F<sub>1</sub>) apresentaram produtividades 20%-50% acima da média dos clones testemunhas (MONTAGNON, 2000). Após a seleção dos indivíduos híbridos, é feita a avaliação de testes clonais instalados nas regiões de interesse. Neste programa, os melhores genótipos de cada grupo foram intercruzados dentro dos mesmos, com o objetivo de melhorar as populações *per se*, para serem utilizadas no segundo ciclo de seleção (LEROY, 1993). Essa metodologia também está sendo utilizada na seleção de características como tamanho do grão e qualidade da bebida (LEROY, 1993; MOSCHETTO et al., 1996).

O programa de melhoramento genético da Embrapa Rondônia realizou em 2004 cruzamentos artificiais entre genótipos das variedades 'Conilon' e 'Robusta'. O objetivo foi à obtenção de populações híbridas para estudo dos parâmetros genéticos que controlam a resistência à ferrugem e como fonte de novos genótipos para o programa de melhoramento. Foi realizado um dialelo completo utilizando como genitores quatro clones

da variedade 'Conilon' e progênes das variedades 'Robusta' 640, Aloatã e Guarini. No total, foram obtidas 256 plantas originadas de 9 cruzamentos (famílias). Os resultados demonstraram efeito positivo da capacidade específica de combinação entre os híbridos interespecíficos de 'Conilon' x 'Robusta'. A Figura 5 apresenta a produtividade de café beneficiado das doze melhores plantas classificadas e suas respectivas famílias das quais foram originadas.

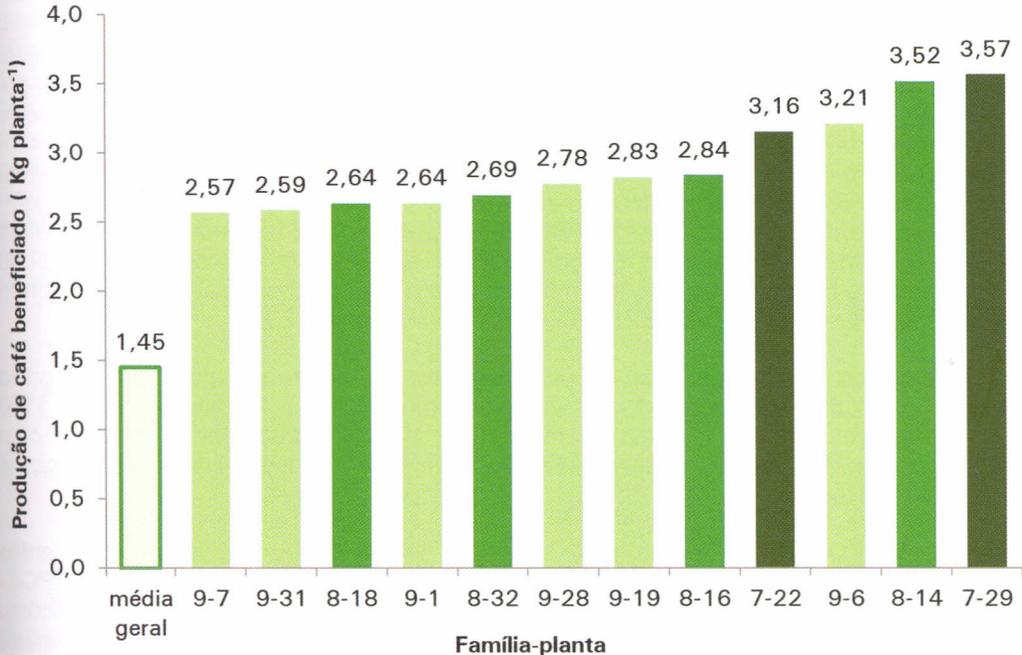


Figura 5. Desempenho das 12 melhores plantas quanto à produtividade de café beneficiado (kg planta<sup>-1</sup>) em relação à média do experimento (Família-Planta), nas safras de 2006/07, 2007/08 e 2008/09 Ouro Preto do Oeste, RO.

Charrier e Eskes (2004), relatam detalhadamente sobre a diversidade genética entre o gênero *Coffea spp.* e demonstram a grande divergência existente entre genótipos das variedades 'Conilon' e 'Robusta', principalmente para algumas características genéticas e morfológicas como tolerância à ferrugem e ao estresse hídrico. Tal fato tem direcionado os programas de melhoramento na busca por híbridos de alta produtividade que agregam características desejáveis de ambas as variedades 'Conilon' e 'Robusta'. Cabe ao melhorista escolher os pais mais promissores e realizar o maior número de cruzamentos possível a fim de explorar o máximo da variabilidade existente na espécie.

## Conilon BRS Ouro Preto

Apesar de ser um dos principais estados cafeicultores do país, até recentemente, Rondônia ainda não possuía cultivar comercial de *C. Canephora*, indicada e registrada no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Conseqüentemente, na renovação do parque cafeeiro estadual ainda eram utilizadas mudas oriundas de sementes e clones de origem genética desconhecida. A denominação Conilon 'BRS Ouro Preto' é um reconhecimento à importância da cafeicultura na formação histórica, econômica e social do Estado em homenagem ao Município de Ouro Preto do Oeste, centro pioneiro da colonização oficial do Território Federal de Rondônia.



Criada em 1975, a Embrapa Rondônia vem desenvolvendo pesquisa e transferindo tecnologias para o cultivo de café no trópico úmido brasileiro. Atualmente, é a única instituição de pesquisa que busca desenvolver novas variedades de café de adaptação específica às condições edafoclimáticas da Amazônia Legal. Na década de 1980, pesquisas realizadas em parcerias com o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e com o Instituto Agronômico do Paraná (Iapar) objetivaram adequar práticas de manejo e caracterizar plantas de maior adaptabilidade e estabilidade produtiva.

No triênio 1995-1998 foram realizadas diversas expedições de avaliação, pré-seleção, coleta e clonagem de acessos selecionados em lavouras comerciais, propagadas por sementes, situadas em três (Cacoal, Rolim de Moura e Ji-Paraná) dos seis polos cafeeiros em Rondônia (VENEZIANO, 2003). Na seleção dos cafeeiros, foram considerados critérios agronômicos (época de maturação, vigor aparente e arquitetura das plantas, produtividades e tamanho de grãos) e fitossanitários, tolerância à ferrugem-alaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk et Br), cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk et Cook) e mancha-manteigosa (*Colletotrichum* spp.). Após o segundo ano de monitoramento a campo, as plantas-matrizes com desempenho geral satisfatório foram propagadas por estaquia (VENEZIANO, 2003; SOUZA et al., 2007).

No princípio de 1998, estruturou-se um programa de melhoramento genético com o objetivo de explorar a variabilidade fenotípica entre plantas. Aproximadamente 1160 plantas-matrizes foram clonadas em viveiro. Foram descartadas mudas com características deletérias e indesejáveis (variação e susceptibilidade as principais doenças fúngicas).

A cultivar 'BRS Ouro Preto' foi desenvolvida a partir da seleção de 153 clones provenientes do Experimento Preliminar de Competição Clonal instalado em dezembro de 1998 (EPCC-98). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, seis repetições, parcela de duas plantas em espaçamento de 3,0 m (entre linhas) x 2,0 m (entre plantas) equivalente a 1.666 plantas/hectare com três a quatro hastes/planta. O manejo e tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas disponibilizadas (VENEZIANO; PEQUENO, 2002; VENEZIANO; GODINHO, 1998) e o sistema de produção (EMATER-RO, 1997).

Neste ensaio, as avaliações agronômicas foram realizadas ao longo de quatro anos agrícolas, no período de 2000 a 2004 (RAMALHO et al., 2011; SOUZA et al., 2007; VENEZIANO et al., 2003; SOUZA, 2003; VENEZIANO; FAZUOLI, 2000). Os valores genéticos do rendimento de café beneficiado foram obtidos utilizando métodos de Máxima Verossimilhança Restrita (REML) para estimação dos componentes de variância e Melhor Predição Linear Não Viesada (BLUP) para estimação dos valores genéticos. Essa metodologia tem se consolidado na avaliação genética de espécies perenes, por permitir a obtenção de estimativas mais acuradas, menos viesadas na ocorrência de parcelas perdidas (RESENDE, 2002). Para selecionar simultaneamente os clones de maior adaptabilidade e estabilidade foi considerada a média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (RESENDE, 2002). Este método baseia-se em uma propriedade da média harmônica em que quanto menor o desvio do desempenho dos clones em cada uma das colheitas, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos.

Baseado no valor genotípico da produtividade ao longo das quatro safras foram selecionados 15 clones de maior estabilidade e produtividade para compor dois Ensaios Finais de Competição Clonal (EFCC – Ciclo de Maturação Médio) em ambientes distintos, um no Município de Ouro Preto do Oeste, tipo climático Aw (Köppen) e outro no Município de Porto Velho, tipo climático Am (Köppen). O delineamento experimental foi de blocos casualizados com seis repetições. A parcela foi formada por dez plantas

em espaçamento de 3,0 m x 2,0 m. O manejo e tratos culturais foram realizados em condições similares ao EPCC –1998.

Na avaliação final dos clones elites, os parâmetros prioritários de seleção foram: a) ciclo de maturação dos frutos; b) produtividade de café beneficiado; c) rendimento (relação entre o percentual da massa de café beneficiado (descascado e ventilado) e café em coco); d) tamanho médio dos grãos (peneira média); e) compatibilidade gametofítica. Adicionalmente, foram considerados outros parâmetros como a altura da planta, o diâmetro do caule e da copa, relação café cereja/café coco, a massa de 100 grãos normal (chatos) a 11%-12% de umidade. Utilizou-se de escalas arbitrárias de notas para avaliação visual das plantas clonais quanto aos caracteres: reação (nota de 1 a 9) dos clones a ferrugem-alaranjada (*Hemilea vastatrix* Berk et Br.) em períodos de alta incidência; vigor vegetativo (nota de 1 a 10); uniformidade da maturação (nota de 1 a 3) dos frutos no estágio cereja, arquitetura da planta (nota de 1 a 9); conforme Ferrão et al. (2008) e Fazuoli, (1986). A produtividade ao longo do tempo está mostrada na Figura 6. Na Figura 7 está apresentado um registro fotográfico da variedade BRS Ouro Preto no ano de 2009. As principais características desta variedade estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

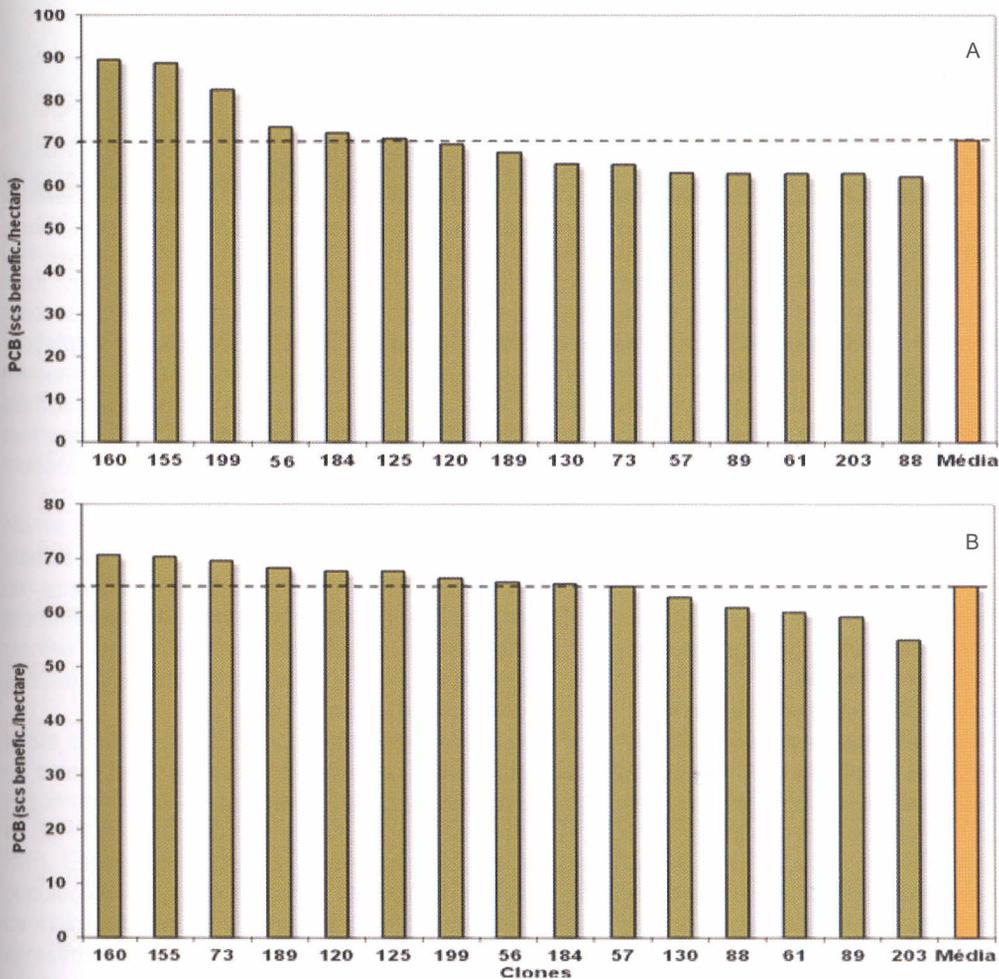


Figura 6. Produtividade de café beneficiado (PCB) na média de quatro safras no Ensaio Preliminar de Seleção Clonal (A), avaliados nos anos de 2001 a 2004 e no Ensaio Final de Competição Clonal (B), avaliados nos anos de 2008 a 2011.



Fotos: André Rostand Ramalho

Figura 7. Registro fotográfico da variedade clonal BRS Ouro Preto. Embrapa Rondônia, 2009. Ouro Preto do Oeste, RO.

Tabela 3. Principais características da cultivar multiclonal 'Conilon BRS Ouro Preto'.

Característica	Descrição
Ciclo de maturação	Intermediário (270 dias após a florada principal)
Produtividade média de grãos	Alta (70 sc café beneficiado ha <sup>-1</sup> ).
Rendimento (café coco/beneficiado)	Alto
Estabilidade de produção	Alta
Ocorrência média de grãos tipo moca	35% (segundo ano)
Vigor vegetativo	Alto
Maturação dos frutos	Uniforme (dependente do n° de floradas no ano-safra)
Peneira média	15,4 (amplitude 13,6 a 17,0)
Qualidade da bebida	Bebida neutra.
Resistência à ferrugem alaranjada	Moderadamente tolerante
Resistência à cercosporiose	Moderadamente resistente
Região de adaptação	ZARC - Estado de Rondônia
Condições de cultivo	Sequeiro com irrigação suplementar

**Tabela 4.** Principais características dos clones que compõem a variedade clonal BRS Ouro Preto.

Clone	Planta		RFER (nota)	IAV (nota)	UMF (nota)	Grãos tipo chato (%)	Peneira média	P>16 (%)	Grãos tipo moca (%)
	Alt. (m)	Diâm. (m)							
K98M-0160	2,20	1,95	5,0	7,0	1,20	60,0	16,1	72,0	38,5
K98M-0199	2,15	1,90	2,0	6,0	1,10	62,0	14,7	13,0	37,0
K98M-0125	2,25	2,35	5,5	7,0	1,40	61,0	15,3	44,5	38,0
K98M-0130	2,15	1,70	6,5	7,0	1,30	68,0	16,8	83,5	31,0
K98M-0184	2,05	1,90	2,0	6,0	1,10	71,0	14,5	12,5	27,0
K98M-0155	2,15	1,75	3,5	5,0	1,40	54,0	15,7	65,0	39,0
K98M-0089	2,30	2,00	5,5	8,0	1,40	68,5	14,1	12,0	30,5
K98M-0189	2,10	2,00	4,0	7,0	1,40	62,5	15,5	51,5	36,5
K98M-0056	2,05	1,90	2,0	5,0	1,10	58,2	17,0	87,0	39,0
K98M-0203	1,80	1,60	4,0	6,0	1,10	67,5	13,6	1,0	31,5
K98M-0073	2,00	1,90	6,0	6,0	1,20	65,5	15,8	63,0	32,5
K98M-0120	2,20	2,35	4,0	8,0	1,20	61,0	15,2	39,0	38,0
K98M-0057	2,10	2,20	5,0	6,0	1,10	59,5	15,1	45,0	38,0
K98M-0088	2,25	1,90	6,0	7,0	1,20	70,5	16,0	72,0	29,0
K98M-0061	2,30	2,15	4,0	7,0	1,30	65,0	15,0	30,0	34,0
<b>Média</b>	<b>2,14</b>	<b>1,97</b>	<b>4,33</b>	<b>6,53</b>	<b>1,24</b>	<b>63,63</b>	<b>15,36</b>	<b>46,07</b>	<b>34,63</b>

RFER (Reação a Ferrugem): escala de notas de 1 (resistente) a 9 (altamente suscetível), IAV (Índice de Avaliação Visual): escala de notas de 1 (ruim) a 10 (excelente), UMF (Uniformidade de Maturação de frutos): 1 (uniforme) a 3 (desuniforme), P>16 (Percentual de grãos retido em peneira superior a 16).

## Perspectivas futuras

O longo tempo necessário para se desenvolver uma nova variedade de *C. canephora* pode fazer com que características que não eram consideradas importantes no início do processo de seleção passem a ser relevantes, por causa de fatores diversos tais como: mudanças ambientais, mudanças de manejo, ou até mesmo, mudanças na preferência do consumidor. Neste contexto, alguns autores definem o melhoramento de plantas como ciência e também como arte, uma vez que o seu sucesso depende da habilidade do melhorista de reconhecer genótipos com características superiores e de prever as mudanças nos cenários futuros.

No momento presente, o aumento na produtividade dos cafezais e a separação das plantas de acordo com seu ciclo de maturação têm potencial para impactar na geração de renda dos cafezais em Rondônia. Com a caracterização dos genótipos de produtividade superior, o futuro do programa de melhoramento está em selecionar plantas que associem maior produtividade com a melhor qualidade do café e resistência a fatores abióticos e bióticos.

Neste cenário, as mudanças climáticas estão entre os fatores abióticos de maior impacto na cafeicultura estadual e nacional. As condições climáticas de Rondônia são de altas temperaturas médias durante todo o ano com período seco bem definido, com ocorrência de déficit hídrico nos meses de julho a setembro (evapotranspiração média anual de 851 mm). Essas condições de clima associadas à variabilidade dos recursos genéticos das populações de melhoramento favorecem o desenvolvimento de novas variedades de café de maior adaptação a altas temperaturas e a maiores períodos de estiagem, que podem apresentar boa adaptação a outras regiões do Brasil que estão passando por mudanças em seu clima.

Entre os fatores bióticos mais importantes está a resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a nematoides do gênero *Meloidogyne*. Levantamentos da ocorrência de populações do nematoide das galhas do cafeeiro em Rondônia têm mostrado sua crescente disseminação



nos municípios do Estado. A ferrugem por sua vez está disseminada por todo o Estado podendo ser encontrada facilmente nos cafezais no período de março a julho. Híbridos naturais e progênies das variedades Robusta 640, Apoatã e Guarini são recursos genéticos importantes, que têm apresentado segregação para a resistência a ferrugem e a nematoides.

Neste cenário, a implementação de esquemas eficientes de recombinação entre materiais superiores é fundamental para manipular a variabilidade genética e dar continuidade ao programa discriminando as hibridações que devem ser repetidas daquelas que devem ser evitadas. Ao longo dos anos, as variedades botânicas 'Conilon' e 'Robusta' foram sendo mantidas separadas permitindo no momento presente a hibridação entre elas, visando no futuro conhecer os genitores e hibridações de maior potencial para produção de híbridos e desenvolvimento de cultivares híbridas de desempenho superior.

A incorporação de novas técnicas de avaliação de plantas também é fundamental para garantir o sucesso do programa, proporcionando uma melhor caracterização das populações de melhoramento. Análises em larga escala do grupo de compatibilidade dos clones e da qualidade do café estão sendo incorporadas na rotina das avaliações, assim como avaliações da resposta dos clones selecionados em condições de colheita mecanizada e com a utilização de irrigação. Em uma etapa seguinte, com a intensiva caracterização das populações de melhoramento pretende-se utilizar técnicas de marcadores moleculares para assistir os procedimentos de seleção.

Nestas perspectivas o programa de melhoramento de *Coffea canephora* busca se organizar para aumentar a sustentabilidade econômica, social e ambiental da cafeicultura, atividade que faz parte da história do Estado de Rondônia.

## Referências

- AGUIAR, A. T. E.; FAZUOLI, L. C.; SALVA, T. J. G.; FAVARIN, J. L. Diversidade química do cafeeiro da espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 577-582, 2005.
- ALFONSI, E. L.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; FAZUOLI, L. C. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de *Coffea* com potencial para utilização como porta enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1-13, 2005.
- BERTHAUD, J. **Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la recherche génétique des populations sylvestres et ses mécanismes organisateurs.** Consequences pour l'application, Montpellier, France: ORSTOM, 1986. 379 p.
- BERTHAUD, J. L'incompatibilité chez *Coffea canephora*: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 24, n. 1, p. 167-174, 1980.
- BERTHAUD, J. Propositions pour une nouvelle stratégie d'amélioration des caféiers de l'espèce *C. canephora*, basée sur les résultats de l'analyse des populations sylvestres. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 11., 1985, Paris. **Annals...** Paris: ASIC, 1985. p. 445-452.
- BITTENCOURT, A. J.; CARVALHO, A. Melhoramento visando a resistência do cafeeiro à ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 35-68, 1968.
- BOUHARMONT, P. Selection de la variété Java et son utilisation pour la regeneration de la cafeiere Arabica au Cameroun. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 36, p. 247-262, 1992.
- BOUHARMONT, P.; LOTODÉ, R.; AWEMO, J.; CASTAING, X. La sélection generative du caféier robusta au Cameroun. Analyse des résultats d'un essai d'hybrides dialléle partiel implanté en 1973. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 30, n. 2, p. 93-112, 1986.

- CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 831-839, 1985. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/15819/9885>>. Acesso em: 17 jan. 2012
- CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052010000100030](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000100030)>. Acesso em: 08 set. 2012
- CARVALHO, A. M. D.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.
- CHARRIER, A.; ESKES, A. B. Botany and Genetics of Coffee. In: WINTGENS, J. N. (Ed.). **Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production**. Darmstadt: WILEY-VCH, 2004. p. 25-56.
- CHARRIER, A. Etude de la pollinisation des caféiers cultivés sur la côte est malgache par marquage du pollen au phosphore et au soufre radioactifs. **Terre Malgache**, Tananarive, v. 12, p. 229-249, 1972.
- CILAS, C.; BAR-HEN, A.; MONTAGNON, C.; GODIN, C. Definition of architectural ideotypes for good yield capacity in *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, Londres, v. 97, n. 3, p. 405-411, 2006.
- CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. Piracicaba: ESALQ, 2001. 71 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba.
- COSTA, J. N. M. **Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) no controle da broca-do-café, Hypothenemus hampei (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) em Rondônia**. 2009. 82 f. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia; Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM. Convênio INPA/UFAM.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI A. J.; CARNEIRO P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. Volume 1, 480 p.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: versão Windows – aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 648 p.
- DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Tolerância do café à seca. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de Produção de Café com Qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 65-100.
- DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.
- ECKERT, J. E. The flight range of the honeybee. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 47, p. 257-285, 1933.
- EMATER-RO. **Sistema de produção para cultura do café no Estado de Rondônia: revisão**. Porto Velho: Emater-RO, 1997. 28 p. il.
- ESCH, H. E.; BURNS, J. E. Distance estimation by foraging honeybees. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 199, p. 155-162, 1996.
- ESKES, A. B. The use of leaf disk inoculations in assessing resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). **Netherlands Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 88, n. 4, p. 127-141, 1982.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p. Tradução de José Carlos Silva e Martinho de Almeida e Silva.
- FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 86-113.
- FERRÃO, R. G.; **Biometria aplicada ao melhoramento do café Conilon**. 2004. 256 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FERRÃO, R. G., CRUZ, C. D., FERREIRA, A., CECON, P. R., FERRÃO, M. A. G., FONSECA, A. F. A., CARNEIRO, P. C. S., SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.
- FLOR, H. H. Current status of the gene-for-gene concept. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 9, n. 1, p. 275-296, 1971.



FONSECA, A. F. A. D.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. Repeatability and number of harvests required for selection in robusta coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 4, p. 325-329, 2004.

FREITAS, R. G.; VASCONCELOS, E. S.; CRUZ, C. D.; ROSADO, A. M.; ROCHA, R. B.; TAKAMI, L. K. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista Arvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 255-263, 2009.

GUERREIRO FILHO, O.; MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A. Método para seleção precoce de cafeeiros resistentes ao bicho mineiro *Perileucoptera coffeella*. **Turrialba**, Costa Rica, v. 42, p. 348-358, 1992.

HALLAUER, A. R. Compendium of recurrent selection methods and their application. **Critical Review in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 3, n. 1, p. 1-33, 1989.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.

JONES, D. F. **The effects of inbreeding and crossbreeding upon development**. New Haven: Connecticut Agricultural Experiment Station, 1918. v. 207, p. 5-100.

LEROY, T. P. **Diversité, parametres genetiques et amelioration par selection recurrenente reciproque du cafeier *Coffea canephora***. 1993. Thesis (Doctorat) – Ecole Nationale Superieure Agronomique de Rennes, France.

LEROY, T.; MONTAGNON, C.; CILAS, C.; YAPO, A.; CHARMETANT, P.; ESKEs, A. B. Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora* Pierre. III. Genetic gains and results of first cycle intergroup crosses. **Euphytica**, Dordrecht, v. 95, p. 347-354, 1997.

LEROY, T.; RIBEYRE, F.; BERTRAND, B.; CHARMETANT, P.; DUFOUR, M.; MONTAGNON, C.; MARRACCINI, P.; POT, D. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 229-242, 2006.

LIMA, I. M.; CARNEIRO, R. M. D. G.; MARTINS, M. V. V. Ocorrência de Meloidogyne incognita em café conilon (*Coffea canephora*) na região nordeste do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 27., 2007, Goiânia. Anais: programação, palestras, resumos. Goiânia: UFG, 2007. p. 96-98.

MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia: Emater-RO, 2009. 67 p. (Embrapa Rondônia. Sistema de produção, 33).

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Rendimento Intrínseco: um critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **O Agrônomo**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 24-26, 2003.

MISTRO, J. C.; FAZUOLI, L. C.; FILHO, O. G.; SILVAROLLA, M. B.; TOMA-BRAGHINI, M. Determination of the number of years in Arabic coffee progenies selection through repeatability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 8, p. 79-84, 2008.

MONTAGNON, C. **Optimisation des gains genetiques dans le schema de selection recurrenente reciproque de *Coffea canephora* Pierre**. 2000. 142 f. Thesis (Doctorat en Amélioration des plantes). École Nationale Superieure Agronomique de Montpellier, France.

MONTAGNON, C.; CHRISTIAN, C.; LEROY, T.; YAPO, A.; CHARMETANT, P. Genotype-location interactions of *Coffea canephora* yield in the Ivory Coast. **Agronomie**, Paris, v. 20, n. 1, p. 101-109, 2000.

MOSCHETTO, D.; MONTAGNON, C.; GUYOT, B.; PERRIOT, J.; LEROY, T.; ESKEs, A. Studies on the effect of genotype on cup quality of *Coffea canephora*. **Tropical Science**, Londres, v. 36, n. 1, p. 18-31, 1996.

NUNES, A. M. L. Doenças do café na Amazônia: prevenção e controle. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO DO CAFÉ NA AMAZÔNIA, 1., 2002, Ji-Paraná. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003. p. 72-76. (Embrapa Rondônia. Documentos, 78).

PALLET, R.N.; SALE, G. The relative contributions of tree improvement and cultural practice toward productivity gains in *Eucalyptus* pulpwood stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n. 1 / 2, p. 33-43, 2006.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. de F.; TEIXEIRA, A. L.; VENEZIANO, W. Progresso genético com a seleção de clones de 'Conilon' no Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, 6 p. Araxá, MG. **Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas**: coletânea de anais: I a VII. Brasília: Consórcio Pesquisa Café, 2011. 1 CD-ROM.

- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas; aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1993. 271 p.
- RESENDE, M. D. V. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- ROCHA, R. B.; VIEIRA, A. H.; BENTES-GAMA, M. M.; ROSSI, L. M. B. Avaliação genética de procedências de bandarra (*Schizolobium amazonicum*) utilizando REML/BLUP (Máxima verossimilhança restrita/Melhor predição linear não viciada). **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, v. 37, p. 351-358, 2009.
- ROCHA, R. B.; MURO ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. Dom. Utilização do método Centróide para estudo de estabilidade e adaptabilidade ao ambiente. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, p. 255-266, 2005.
- SANTOS, J. C. F.; VENEZIANO, W. **Competição de linhagens de cafeeiro da cultivar Catimor em Ouro Preto D'Oeste – Rondônia**. Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1992. 4 p. (Embrapa-UEPAE Porto Velho. Pesquisa em Andamento, 126).
- SCAA. **SCAA Protocols: cupping specialty coffee**. 2014. Disponível em: <<https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2014.
- SERA, G. H.; SERA, T.; AZEVEDO, J. A. D.; MATA, J. S. D.; FILHO, C. R.; DOI, D. S.; ITO, D. S.; FONSECA, I. C. D. B. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 21. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184, 2006.
- SEVERINO, L. S.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; MIRANDA, G. V.; ZAMBOLIM, L.; BARROS, U. V. Associações da produtividade com outras características agrônômicas de café (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, dez. 2002.
- SHULL, G. H. **A pure-line method in corn breeding**. [Washington]: American Breeders' Association, 1909. v. 5, p. 51-59.
- SILVA, P. A.; OLIVEIRA, D. F.; PRADO, N. R. T. D.; CARVALHO, D. A. D.; CARVALHO, G. A. D. Evaluation of the antifungal activity by plant extracts against *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 32, n. 2, p. 420-428, 2008.
- SILVAROLLA, M. B.; MAZZAFERA, P.; FAZUOLI, L. C. A naturally decaffeinated arabica coffee. **Nature**, Londres, v. 429, n. 6994, p. 826, jun. 2004.
- SOUZA, F. de F.; SANTOS, M. M.; CARNEIRO, P. C. S. Diversidade de acessos de *Coffea canephora* Pierre ex. Frohner coletados em áreas tradicionais de cultivo em Rondônia, Brasil. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, SIRGEALC, 6., 2007, Chapingo, México. **Por la valoración de los recursos genéticos para el desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe**: memoria. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo, 2007. 35 p.
- SOUZA, F. de F. Análise de correlações entre caracteres morfo-agronômicos em clones de café Conilon da coleção de germoplasma da Embrapa Rondônia. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003 (CD-ROM).
- STEPONKUS, P. L.; CUTLER, J. M.; O'TOOLE, J. C. Adaptation to water stress in rice. In: TURNER, N. C.; KRAMER, P. J. (Ed.). **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York: Wiley Interscience, 1980. p. 401-418.
- TEIXEIRA, A. L.; GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, J. C. D.; CARVALHO, S. P. D.; PEREIRA, A. A.; MORAES, B. F. X. D.; TEIXEIRA, L. G. V. Seleção precoce para produção de grãos em café arábica pela avaliação de caracteres morfológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1110-1117, 2012.
- TEIXEIRA, A. L.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R. **Melhoramento genético, registro e proteção de cultivares de Coffea canephora para o Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2011. 23 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 143).
- TEIXEIRA, C. A. D. **Interação insetos-sementes: uma visão positiva do fenômeno**. 2002, 66 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VAN DER VOSSSEN, H. A. M. Coffee selection and breeding. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Ed.). **Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. London: Croom Helm, 1985. p. 48-96.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.



- VENEZIANO, W. **Avaliação de progênies de cafeeiros (*Coffea canephora* Pierre ex. Froehiner) em Rondônia.** 1993. 73 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- VENEZIANO, W. **Cafeicultura em Rondônia: situação atual e perspectivas.** Porto Velho: Embrapa-CPAF Rondônia, 1996. 24 p. (Embrapa-CPAF Rondônia. Documentos, 30).
- VENEZIANO, W. **Comportamento de progênies de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em Ouro Preto d'Oeste - Rondônia.** 1984. 41 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- VENEZIANO, W.; CARVALHO, A. **Análise de progênies e linhagens de café Icatu em Rondônia.** Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1982. 3 p. (Embrapa-UEPAE Porto Velho. Pesquisa em Andamento, 15).
- VENEZIANO, W.; CHAVES, G.M. **Competição de linhagens de cafeeiro Catimor.** Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1983. 4 p. (Embrapa-UEPAE Porto Velho. Pesquisa em Andamento, 50).
- VENEZIANO, W.; FAZUOLI, L. C. Avaliação de cultivares de cafeeiros Robusta (*Coffea canephora*) em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Embrapa Café: Minasplan, 2000. p. 459-461.
- VENEZIANO, W.; FIGUEIREDO, P.; MAIOTTO, P. R.; OLIVEIRA, D. A. Estudo de diferentes épocas de aplicação de fungicidas cúpricos no controle da ferrugem do cafeeiro no Território de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 7., 1979, Araxá, MG,. **Anais...** Rio de Janeiro: IBGE: GERCA, 1979. p. 16.
- VENEZIANO, W.; FIGUEIREDO, P.; MARIOTTO, P. R.; OLIVEIRA, D. A. Controle químico da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & BR.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e seus efeitos na produção, nas condições do Estado de Rondônia. **Biológico**, São Paulo, v.49, n.5, p. 117-123, 1983.
- VENEZIANO, W.; FUJIWARA, M. **Comportamento de cultivares de cafeeiros sob diferentes espaçamentos em Rondônia.** Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1982. 3 p. (Embrapa-UEPAE Porto Velho. Pesquisa em Andamento, 18).
- VENEZIANO, W.; GODINHO, V de P. C. **Adubação mineral de cafeeiros conilon (*Coffea canephora*) em produção no Estado de Rondônia.** Porto Velho: Embrapa-CPAF Rondônia. Porto Velho, 1998. 12 p. (Embrapa-CPAF Rondônia. Boletim de Pesquisa, 28).
- VENEZIANO, W.; PEQUENO, P. L. de L. **Sistema de condução de cafeeiros Conilon (*Coffea canephora*) em Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2002. 19 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 62).
- VENEZIANO, W.; SOUZA, F. de F. SANTOS, M. M. Avaliação de clones de café Conilon no Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. 219 p.